UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

La evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia

Giovanni Yepes Pamplona

Tesis de maestría presentada para optar al título de Magíster en Sociología

Asesor

Germán Alexander Porras Vanegas, Doctor (PhD) en Humanidades

Universidad de Antioquia

Facultad de Ciencias Sociales y Humanas

Maestría en Sociología

Medellín, Antioquia, Colombia

2026

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
1803

Cita	(Yepes Pamplona, 2026)
Referencia **Estilo APA 7 (2020)**	Yepes Pamplona, G. (2026). *La evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia* [Tesis de maestría]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Maestría en Sociología , Cohorte V.

CRAI María Teresa Uribe (Facultad de Ciencias Sociales y Humanas)

Repositorio Institucional: http://bibliotecadigital.udea.edu.co

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

A mi abuelo Julio Abdénago Pamplona Urán (1938-2025) por su legado: liderazgo y educación.

Y a mi tía Ninfa Patricia Pamplona Suarez (1963- 2026) por su inagotable amor.

Agradecimientos

A mi asesor Germán Alexander Porras Vanegas por sus valiosas jornadas de asesoría.

Tabla de contenido

Resumen 14

Abstract 16

Introducción 18

1. Planteamiento del problema 19

1.1. Antecedentes 21

1.1.1 Estudios sobre la Facultad de Minas como antecedentes y corpus documental 22

1.1.2 Estudios sobre ética en organizaciones de educación superior. 25

1.1.2.1. Dimensiones normativas y organizacionales de la ética en la universidad 27

1.1.2.2. El liderazgo ético como expectativa organizacional 29

1.1.2.3. El currículo ético como estructura de selección formativa 31

1.1.2.4. La responsabilidad social universitaria como espacio formativo 33

1.1.3 Estudios sobre sostenibilidad, sustentabilidad y educación superior 35

1.1.3.1. Transformaciones éticas y epistemológicas en la ingeniería frente a la sustentabilidad 36

1.1.3.2. El enfoque ambiental en la educación superior latinoamericana 38

1.1.3.3. La semántica de la sustentabilidad en las universidades 40

1.1.3.4. Tensiones entre globalización, mercado y responsabilidad universitaria 41

1.1.3.5. Retos epistemológicos y pedagógicos para una universidad sustentable 42

1.1.4. Conclusión 44

2. Objetivos 46

2.1. Objetivo general 46

2.2. Objetivos específicos 46

3. Marco teórico 47

3.1. Marco conceptual 47

3.1.1. Sociedad moderna y diferenciación funcional 47
3.1.2. Comunicación como operación básica de los sistemas sociales 49
3.1.3. Sistema y entorno 50
3.1.4. Organización como sistema social 51
3.1.5. Observación y observación de segundo orden 53
3.1.6. Evolución, variación, selección y estabilización 54
3.1.7. Acoplamientos estructurales y relaciones intersistémicas 56
3.1.8. Semántica y cambio semántico 57
3.1.9. Modernización 59
3.1.10. Globalización y sociedad mundial 61
3.1.11. Ética como forma de comunicación 63
3.2 Enfoque metodológico 66
3.2.1. Delimitación del objeto de observación 67
3.2.2. Organización del corpus y niveles de observación 68
3.2.3. Definición de los datos y unidades de registro 70
3.2.4. Procedimiento analítico: análisis de contenido (Krippendorff) 71
3.2.5. Criterios de análisis y reglas de inferencia 73
3.2.5.1. Identificación de recurrencia comunicativa 74
3.2.5.2. Distinción entre repetición y estabilización 74
3.2.5.3. Análisis de asociaciones semánticas 75
3.2.5.4. Ubicación estratégica de las comunicaciones 75
3.2.5.5. Regla general de inferencia 75
3.2.6. Estrategias técnicas de análisis asistido por herramientas computacionales 76
3.2.7. Estrategias de validación y control analítico 79
3.2.7.1. Coherencia interna del procedimiento analítico 79

3.2.7.2. Triangulación documental y sistémica 79

3.2.7.3. Consistencia histórica de las inferencias 80

3.2.7.4. Reproducibilidad del procedimiento analítico 80

3.2.7.5. Control interpretativo y reflexividad del investigador 80

3.2.7.6. Correspondencia entre inferencias y transformaciones organizacionales 81

4. Resultados 83

4.1 Sección 1. Sistema educativo en Colombia: de la moral religiosa a la ética secularizada: breve observación del proceso de diferenciación sistema educativo colombiano (1830–1886) 83

4.1.1. La herencia del periodo colonial: Acoplamiento sistema educativo y religión. 83

4.1.2. Entre moral religiosa y ciencias útiles: baja diferenciación funcional del sistema educativo colombiano (1842–1867) 87

4.1.3. La Universidad Nacional de Colombia y la estabilización de la semántica racional en la educación superior colombiana 92

4.2. Sección 2. Estabilización de las primeras comunicaciones éticas en la Facultad de Minas. 97

4.2.1. Momento de observación N°1: Observación de las primeras comunicaciones éticas en la Escuela de Minas (1886 – 1960) 97

4.2.1.1. Globalización y complejidad creciente: reconfiguraciones del sistema universitario en la segunda mitad del siglo XX 103

4.2.1.2. Sobre la traducción a las expectativas del entorno nacional: incremento de la complejidad interna en la organización. 112

4.2.1.3. Sobre la diferenciación interna y la “modernización” de la Facultad de Minas . 121

4.3 Sección 3. Evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas 138

4.3.1 Momento de observación N°2: Observación de la variación de los elementos comunicacionales 138

4.3.1.1 La emergencia de la semántica ambiental: variaciones globales en la década de 1970 141

4.3.1.2 Variación semántica y expansión de expectativas en el sistema universitario frente a la crisis ambiental 148

4.3.2 Momento de observación N°3: Observación de la selección de la semántica sostenibilidad- sustentabilidad 162

4.3.2.1 Nuevas expectativas normativas: ciencia, educación y sostenibilidad en el cambio de década 162

4.3.2.2. La sostenibilidad como orientación organizacional en la Universidad Nacional de Colombia 178

4.3.2.3 Comunicaciones normativas y semántica para la estabilización de la sostenibilidad 185

4.3.2.4. La estabilización de las comunicaciones sobre sostenibilidad en la Universidad Nacional de Colombia 189

4.3.2.5 Análisis macrocurricular 190

4.3.3. Momento de observación N°4: Observación de la reestabilización de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas. 202

4.3.3.1. Inversión y presupuesto: la sostenibilidad como hecho 202

4.3.3.2 Dimensión académica y curricular: la sostenibilidad en la formación 206

4.3.3.3. Investigación y extensión: sostenibilidad como campo de producción de conocimiento 207

4.3.3.4 Cultura y sensibilización: sostenibilidad como ethos organizacional 209

4.3.3.5 Membresía organizacional y circulación global de la semántica de la sostenibilidad 212

4.3.3.6. Análisis mesocurricular 214

4.3.3.7 El Instituto de Educación en Ingeniería (IEI) 226

5. Discusiones finales 235

6. Conclusiones 240

6.1. La sostenibilidad y la sustentabilidad como resultado de procesos de traducción organizacional y diferenciación semántica: 240

6.2. La evolución histórica de las comunicaciones éticas no responde a acumulación moral, sino a reconfiguraciones de acoplamientos sistémicos 241

6.3. La ética en la ingeniería se transforma de autorreflexión individual en criterio organizacional de pertenencia profesional 242

6.4. La Facultad de Minas como organización que procesa irritaciones externas sin perder autonomía operativa 243

6.5. Aportes teóricos y límites del estudio: la ética de la sustentabilidad como comunicación situada, no universal 244

Referencias 246

Lista de tablas

Tabla 1. Estudios sobre la Facultad de Minas como antecedentes y corpus documental. 22

Tabla 2. Estudios sobre ética en organizaciones de educación superior. 25

Tabla 3. Estudios sobre sostenibilidad, sustentabilidad y educación superior. 35

Tabla 4. Matriz metodológica del análisis de contenido. 72

Tabla 5. Temas abordados en el Primer Congreso Nacional de Ingeniería. 119

Tabla 6. Estructura académica Facultad de Minas finalizando la década de los sesenta. 124

Tabla 7. Diferenciación programas académicos a partir de la comunicación "Proyecto Ensanche". 124

Tabla 8. Demandas del entorno y respuestas formativas: diferenciación funcional de los programas de ingeniería. 125

Tabla 9. Observación de tasa de crecimiento de matrículas en la organización durante la operación del "Proyecto Ensanche". 127

Tabla 10. Observación de tasa de crecimiento de la planta docente de la organización durante la operación del "Proyecto Ensanche". 128

Tabla 11. Observación de la diferenciación de laboratorios en la organización. 129

Tabla 12. Temas abordados en el Segundo Congreso Mundial de Decanos de las Facultades de Ingeniería 1965. 132

Tabla 13. Cursos de Humanidades Facultad de Minas década de los sesenta. 136

Tabla 14. Análisis Planes de Acción de Sede Medellín- Universidad Nacional de Colombia. ..200

Tabla 15. Presupuestos e inversiones en proyectos de sostenibilidad en la Facultad de Minas. 205

Tabla 16. Currículo y formación académica. 206

Tabla 17. Proyectos de investigación en temáticas de medio ambiente y sostenibilidad. 207

Tabla 18. Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de maestría Facultad de Minas. 216

Tabla 19. Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de especialización Facultad de Minas. 217

Tabla 20. Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de doctorado Facultad de Minas. 218

Tabla 21. Asignaturas pregrado cursadas por estudiantes de la Facultad de Minas entre 2012-2023 cuya denominación incorpora el código sostenibilidad/sustentabilidad. 221

Tabla 22. Asignaturas posgrado con denominación con código sostenibilidad.....221

Tabla 23. Resultados evaluación de indicadores sobre criterios de "sostenibilidad" y "sustentabilidad" en tesis de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería en Recursos Hidráulicos. ...224

Lista de figuras

Figura 1. Plan de estudios programa de Ingeniería Unal-1872. 94

Figura 2. Observación de participación de los profesores de la organización en eventos Nacionales durante el periodo de operación del “Proyecto Ensanche".....130

Figura 3. Plan de estudios Especialización en Gestión Ambiental. 177

Figura 4. Campus Sostenible.....204

Figura 5. Nube de palabras comunicaciones Facultad de Minas. 210

Figura 6. Diferenciación de la disciplina – Crecimiento oferta de programas Facultad de Minas. 219

Siglas, acrónimos y abreviaturas

ABISURE	Alliance for Biomass and Sustainability Research
ACOFI	Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería
ARIUSA	Alianza de Redes Iberoamericanas de Universidades por la Sustentabilidad y el Ambiente
CDS	Comisión para el Desarrollo Sostenible
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CESU	Consejo Nacional de Educación Superior
CESU	Consejo Nacional de Educación Superior
CIMEX	Centro de Investigación en Metalurgia Extractiva
CNA	Consejo Nacional de Acreditación
CNEA	Comisión Nacional de Educación Ambiental
COLCIENCIAS	Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
EMC	La Estrategia Mundial para la Conservación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FUN	Fondo Universitario Nacional
GEMMA	Georrecursos, Minería y Medio Ambiente
ICETEX	Instituto Colombiano de Especialización Técnica en el exterior
ICFES	Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior
INCORA	Instituto Colombiano de la Reforma Agraria
IDEA	Instituto de Estudios Ambientales
IPROSCO	Instituto de Promoción Organizacional suizo – colombiano
MAB	Programa sobre el Hombre y la Biosfera
MIT	Massachusetts Institute of Technology
ODM	Los Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OEA	Organización de los Estados Americanos
ONU	Organización de las Naciones Unida
PEI	Proyecto Educativo Institucional
PGD	Plan Global de Desarrollo

PIEA	Programa Internacional de Educación Ambiental
PLEI	Plan Estratégico Institucional
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POLYGESTA	Política, Legislación y Gestión Ambiental
PRAE	Proyectos Ambientales Escolares
PRES	Campos de Acción Institucionales y los Programas Académicos Estratégicos
PROCEDA	Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental
RCFA	Red Colombiana de Formación Ambiental
RFA-ALC	Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe
RSU	Responsabilidad Social Universitaria
SAI	Sociedad Antioqueña de Ingenieros
SINA	Sistema Nacional Ambiental
UDUAL	Unión de Universidades Latinoamericanas
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales
UNAL	Universidad Nacional de Colombia
UNCED	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UNET	Universidad Nacional Experimental del Táchira
WWF	Fondo Mundial para la Naturaleza

Resumen

Desde su creación en 1886 y hasta mediados del siglo XX, la Facultad de Minas estabilizó una semántica ética orientada a la responsabilidad profesional, estructurada a partir de principios secularizados vinculados a la racionalización del trabajo y al cumplimiento funcional de la labor ingenieril, en coherencia con las expectativas de eficiencia, productividad y servicio propias del sistema económico y del proyecto estatal de modernización temprana. En este marco, la Facultad contribuyó a la fijación de criterios normativos que organizaron, durante varias décadas, las expectativas comunicativas sobre la formación y el ejercicio de la ingeniería.

A partir de la década de 1960, la Facultad de Minas ingresó en un proceso de reorganización académica marcado por la intensificación de la diferenciación interna, la especialización disciplinar y el fortalecimiento de la formación científica, en un contexto de mayor interdependencia entre el sistema educativo colombiano y el sistema científico. Esta reconfiguración operativa y organizacional reordenó prácticas, estructuras y criterios de legitimación del conocimiento, generando las condiciones para una transformación gradual de las orientaciones éticas previamente estabilizadas en la organización.

Desde la década de 1990, comunicaciones provenientes del entorno internacional y nacional introdujeron problematizaciones socioambientales que, al ser procesadas por el sistema universitario mediante mecanismos de selección, comenzaron a reconfigurar las orientaciones éticas de la organización. Estas comunicaciones se expresaron en la incorporación progresiva de semánticas de responsabilidad ampliada, cuidado por la vida y relación con el medio ambiente, las cuales emergen y se estabilizan parcialmente en el marco más amplio y aún dominante de las semánticas de la sostenibilidad, mientras la sustentabilidad es seleccionada en manifiestos y lineamientos organizacionales. Hacia 2023, este entramado semántico fue incorporado explícitamente en lineamientos organizacionales de la Facultad de Minas, reespecificando la responsabilidad profesional en clave socioecológica

La investigación se desarrolla desde la teoría de los sistemas sociales de Niklas Luhmann, mediante una estrategia teórico-metodológica orientada a la observación de sistemas socialmente diferenciados desde un enfoque relacional. Los hallazgos permiten comprender que la emergencia de comunicaciones éticas asociadas a problematizaciones socioambientales en la Facultad de Minas se vincula con un reposicionamiento progresivo de la ciencia como sistema de referencia,

cuyos criterios de verdad reorientan la producción de conocimiento y la formación en ingeniería. Este proceso se caracteriza por la coexistencia y tensión entre semánticas de sostenibilidad y sustentabilidad, en el marco del acoplamiento evolutivo del sistema educativo al sistema científico, en un entorno estatal y global crecientemente diferenciado.

Palabras clave: evolución, organización, sistema, ética, comunicación, ingeniería, sostenibilidad, sustentabilidad, educación, ciencia

Abstract

From its founding in 1886 until the mid-twentieth century, the Faculty of Mines stabilized an ethical semantic framework oriented toward professional responsibility, structured around secularized principles linked to the rationalization of work and the functional fulfillment of engineering tasks, in coherence with the expectations of efficiency, productivity, and service characteristic of the economic system and the early state-led modernization project. Within this framework, the Faculty contributed to the establishment of normative criteria that organized, for several decades, communicative expectations regarding engineering education and practice.

Beginning in the 1960s, the Faculty of Mines entered a process of academic reorganization marked by intensified internal differentiation, disciplinary specialization, and the strengthening of scientific training, within a context of increasing interdependence between the Colombian educational system and the scientific system. This operational and organizational reconfiguration reordered practices, structures, and criteria for the legitimation of knowledge, generating the conditions for a gradual transformation of the ethical orientations previously stabilized within the organization.

Since the 1990s, communications originating from both international and national environments introduced socio-environmental problematizations which, once processed by the university system through mechanisms of selection, began to reconfigure the organization's ethical orientations. These communications were expressed in the progressive incorporation of semantic frameworks of expanded responsibility, care for life, and relations with the environment. These emerge and partially stabilize within the broader and still dominant framework of sustainability semantics, while sustainability (in the sense of sustentabilidad) is selectively adopted in organizational manifestos and guidelines. By 2023, this semantic configuration was explicitly incorporated into the organizational guidelines of the Faculty of Mines, re-specifying professional responsibility in socio-ecological terms.

This research is developed from the perspective of Niklas Luhmann's social systems theory, through a theoretical-methodological strategy oriented toward the observation of socially differentiated systems from a relational approach. The findings show that the emergence of ethical communications associated with socio-environmental problematizations in the Faculty of Mines is linked to a progressive repositioning of science as a reference system, whose criteria of truth

reorient both knowledge production and engineering education. This process is characterized by the coexistence and tension between sustainability and sustentabilidad semantics, within the framework of the evolutionary coupling of the educational system with the scientific system, in an increasingly differentiated state and global environment.

Keywords: evolution, organization, system, ethics, communication, engineering, sustainability, sustentability, education, science

Introducción

La formación en ingeniería en la sociedad contemporánea se desarrolla en un contexto de creciente complejidad técnica, científica y socioambiental, en el cual las organizaciones de educación superior incorporan progresivamente reflexiones sobre la responsabilidad profesional del ingeniero. En este marco, la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia constituye un caso privilegiado para analizar la evolución de las comunicaciones éticas en la formación y práctica de la ingeniería, dada su trayectoria histórica y su papel central en el desarrollo técnico e industrial del país desde su fundación en 1886.

A lo largo del tiempo, las orientaciones éticas de esta organización no han permanecido estáticas, sino que han sido reconfiguradas en función de sus relaciones con distintos sistemas sociales y de la incorporación de nuevas problematizaciones, particularmente aquellas asociadas a los impactos socioambientales del desarrollo. En este proceso, emergen y coexisten diversas semánticas como la sostenibilidad y la sustentabilidad que tensionan y reespecifican la comprensión de la responsabilidad profesional en la ingeniería.

Pese a la relevancia de estas transformaciones, persiste un vacío analítico en torno a la evolución del discurso ético en la Facultad de Minas y sus implicaciones sociales. En respuesta a ello, esta investigación se propone observar, desde una perspectiva sistémica y relacional, cómo han evolucionado las comunicaciones éticas en esta organización entre 1886 y 2023, identificando sus principales transformaciones, condiciones de emergencia y tensiones contemporáneas, en un contexto marcado por los desafíos socioambientales del mundo actual.

1. Planteamiento del problema

En la sociedad moderna funcionalmente diferenciada, la formación universitaria en ingeniería se desarrolla en un entorno caracterizado por una creciente complejidad técnica, científica, económica y socioambiental. En este contexto, se observa que las organizaciones de educación superior incorporan progresivamente comunicaciones orientadas a problematizar la responsabilidad profesional del ingeniero frente a los efectos sociales, territoriales y ecológicos de su quehacer. Estas comunicaciones no se presentan de manera homogénea ni unívoca, sino que se articulan a través de diversas semánticas éticas que orientan la formación, la producción de conocimiento y la acción organizacional, y que se transforman en función de las relaciones que dichas organizaciones establecen con su entorno.

En el caso colombiano, la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, constituye una unidad de observación privilegiada para analizar estos procesos. Fundada en 1886, esta organización ha desempeñado un papel central en la formación de ingenieros y en la configuración de prácticas técnicas asociadas al desarrollo económico e industrial del país. Diversos estudios han reconstruido los orígenes y el papel de la entonces Escuela Nacional de Minas en la formación de ingenieros y en el desarrollo técnico e industrial del país. Desde una perspectiva sociológica, el estudio pionero de Alberto Mayor Mora (1984) muestra cómo, en sus primeras décadas, esta organización operó bajo orientaciones morales asociadas a referentes religiosos y a una concepción ética del trabajo, las cuales se articularon progresivamente con principios de racionalidad técnica, eficiencia y productividad, configurando un ethos profesional que estabilizó expectativas sobre el ejercicio de la ingeniería y su función social.

Estas expectativas éticas iniciales no permanecieron inalteradas. A lo largo del siglo XX, la Facultad de Minas se vio atravesada por procesos de transformación asociados a la expansión de la educación superior, la progresiva secularización de la formación profesional, la diferenciación interna de disciplinas, la creciente globalización de la educación y el fortalecimiento del vínculo con el sistema científico. Dichos procesos transformaron las estructuras organizacionales, los programas académicos y los criterios de legitimación del conocimiento, al tiempo que redefinieron los marcos de referencia desde los cuales se orienta la práctica ingenieril y su articulación con otros sistemas sociales, especialmente con la ciencia, la economía y el Estado.

Desde finales del siglo XX, y con mayor intensidad a partir de la década de 1990, se observa la circulación de comunicaciones provenientes del entorno nacional e internacional que problematizan los impactos socioambientales del desarrollo técnico y científico. Estas comunicaciones, articuladas en torno a semánticas de sostenibilidad, sustentabilidad, responsabilidad ambiental y cuidado de la vida, comenzaron a ser seleccionadas y procesadas por la Facultad de Minas mediante programas, documentos orientadores, reformas curriculares y espacios reflexivos, configurando nuevas referencias para la producción de conocimiento, la formación en ingeniería y la orientación de la acción organizacional. Sin embargo, su incorporación no ha sido lineal ni exenta de tensiones, en la medida en que estas nuevas problematizaciones coexisten con semánticas previamente estabilizadas orientadas al crecimiento económico, la eficiencia técnica y la productividad.

En este escenario, la organización procesa estas problematizaciones mediante una semántica ética ambiental que ha alcanzado un grado significativo de estabilización bajo el horizonte de la sostenibilidad, en consonancia con las orientaciones generales del sistema universitario. De manera simultánea, comienzan a adquirir relevancia interna referencias a la sustentabilidad, las cuales resuenan en ciertas comunicaciones organizacionales recientes, como el *Manifiesto de Ingeniería para la Vida* y el *Perfil genérico de egreso*, sin desplazar plenamente la semántica dominante, pero abriendo un espacio de reespecificación ética aún en curso. Esta tensión se expresa tanto en los discursos oficiales como en las prácticas académicas y organizacionales, y plantea interrogantes sobre los modos en que la responsabilidad profesional del ingeniero es observada, comunicada y reespecificada en el tiempo.

A pesar de la relevancia de estos procesos, se observa que los estudios existentes sobre la Facultad de Minas han abordado de manera fragmentaria su historia organizacional y su papel en el desarrollo regional, sin analizar de forma sistemática la evolución de las comunicaciones éticas desde una perspectiva sociológica que permita comprender sus condiciones de emergencia, transformación y estabilización. En particular, resulta poco claro cómo la Facultad ha procesado las irritaciones provenientes de distintos sistemas sociales (religión, economía, política, ciencia y educación) y de qué manera estos acoplamientos han incidido en la reconfiguración de sus orientaciones éticas a lo largo del tiempo.

Este vacío analítico da lugar a la necesidad de investigar, desde una perspectiva sistémica, cómo han evolucionado las comunicaciones éticas en el campo de la ingeniería en el contexto de

la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, identificando los principales momentos de transformación, los procesos de selección y estabilización semántica, así como las tensiones que persisten en la actualidad en torno a la responsabilidad profesional del ingeniero frente a los desafíos socioambientales contemporáneos. En este sentido, la investigación se orienta por la siguiente pregunta: ¿cómo han evolucionado las comunicaciones éticas en la formación y práctica de la ingeniería en la Facultad de Minas desde su creación en 1886 hasta el año 2023?

1.1. Antecedentes

El presente estado del arte se organiza en tres bloques analíticos que permiten situar el problema de investigación en el marco de las transformaciones recientes del sistema universitario y de sus comunicaciones éticas. En primer lugar, se revisan estudios históricos y sociológicos sobre la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, orientados a reconstruir su evolución organizacional, sus acoplamientos con otros sistemas sociales y las formas en que ha procesado, a lo largo del tiempo, expectativas provenientes del Estado, la ciencia, la economía y la sociedad. En segundo lugar, se analizan investigaciones que tematizan la ética en las organizaciones de educación superior, particularmente aquellas centradas en marcos normativos, liderazgo universitario, currículo y responsabilidad social, con el fin de observar cómo estas referencias éticas son formalizadas, comunicadas y traducidas, o no, en criterios de orientación organizacional. Finalmente, se examina un conjunto de estudios sobre la incorporación de las semánticas de sostenibilidad y sustentabilidad en la educación superior latinoamericana, atendiendo a su emergencia histórica, a sus procesos de institucionalización y a las tensiones que generan frente a las estructuras académicas y pedagógicas tradicionales. En conjunto, esta revisión permite mapear las principales formas en que la ética y la sustentabilidad han sido observadas en el campo universitario, al tiempo que pone en evidencia vacíos analíticos relevantes, especialmente la ausencia de enfoques que aborden estos fenómenos como procesos comunicativos, evolutivos y organizacionalmente diferenciados, lo cual fundamenta la pertinencia y originalidad de la presente investigación.

1.1.1 Estudios sobre la Facultad de Minas como antecedentes y corpus documental

Tabla 1.
Estudios sobre la Facultad de Minas como antecedentes y corpus documental.

Nombre	Autor (es)	Año
Ética, trabajo y productividad en Antioquia: Una interpretación sociológica sobre la influencia de la Escuela Nacional de Minas en la vida, costumbres e industrialización regionales	Alberto Mayor Mora	1984
Monografía sobre la Escuela de Minas 1987	José María Bravo Betancur	1987
Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín	Peter Santamaría Álvarez	1994
Sueños de desarrollo: la Escuela Nacional de Minas de Colombia y sus Ingenieros	Pamela S. Murray	2012
La Facultad de Minas 1970-2012	Luis Javier Villegas Botero	2016

El primer conjunto de trabajos observados en este estado del arte está conformado por investigaciones cuyo objeto de estudio ha sido la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, abordada desde enfoques históricos, sociológicos, y organizacionales diversos. Estos estudios cumplen una doble función dentro de la presente investigación. Por una parte, constituyen antecedentes académicos relevantes que han contribuido a la construcción de una memoria histórica e intelectual sobre la Facultad, razón por la cual son analizados como comunicaciones científicas que han participado en la configuración de determinadas autodescripciones organizacionales. Por otra parte, estos mismos trabajos integran el corpus documental de la investigación, en la medida en que proporcionan materiales empíricos fundamentales para reconstruir el proceso evolutivo de la organización y observar, de manera indirecta, las transformaciones en las semánticas, expectativas normativas y orientaciones valorativas que han estructurado la formación en ingeniería a lo largo del tiempo.

En las últimas décadas, distintos trabajos académicos han producido descripciones sobre la Facultad de Minas, centradas en su historia organizacional y en su papel dentro de las dinámicas sociotécnicas de la región y del país. Si bien estos trabajos no configuran una tradición consolidada de investigación crítica sistemática sobre la ética o la normatividad organizacional, sí representan hitos significativos en la producción de conocimiento sobre la Facultad como organización universitaria. En su conjunto, permiten iluminar dimensiones clave del objeto de estudio, al tiempo que evidencian límites analíticos persistentes que justifican la necesidad de nuevas aproximaciones

teóricas. En particular, gran parte de estos antecedentes se ha orientado hacia reconstrucciones cronológicas, institucionales o biográficas, sin problematizar de manera explícita las relaciones entre la formación en ingeniería y los distintos sistemas sociales con los que la Facultad ha mantenido acoplamientos históricos. Esta ausencia ha dificultado una comprensión más precisa de cómo se han transformado las orientaciones éticas de la organización y de qué manera han emergido nuevas formas de comunicación en torno a la responsabilidad profesional, social y ambiental.

Uno de los antecedentes más relevantes es la obra *Ética, trabajo y productividad en Antioquia: Una interpretación sociológica sobre la influencia de la Escuela Nacional de Minas en la vida, costumbres e industrialización regionales* de Alberto Mayor Mora (1984). En este trabajo, el autor propone una interpretación sociológica del impacto cultural de la Escuela Nacional de Minas en la configuración de una ética del trabajo regional, apoyándose en categorías de inspiración weberiana. A partir del análisis de fuentes documentales, archivos institucionales y tesis de grado, Mayor Mora reconstruye cómo valores seculares como la disciplina, la honradez, el ascetismo profesional y la orientación al rendimiento fueron incorporados al horizonte formativo de la Escuela durante la primera mitad del siglo XX. Desde una lectura sistémica, este estudio permite observar el tránsito desde una moral de raíz religiosa hacia una semántica ética profesional funcionalmente acoplada al sistema económico-industrial. Su aporte resulta central para esta investigación, en la medida en que muestra cómo determinadas orientaciones normativas se estabilizan comunicativamente en la organización y se traducen en expectativas profesionales relativamente duraderas. Asimismo, su enfoque documental legitima metodológicamente el uso de fuentes históricas como vía para observar la evolución de las comunicaciones éticas al interior de la Facultad.

Otro aporte significativo proviene del historiador José María Bravo Betancur con su *Monografía sobre la Escuela de Minas* (1987). Este trabajo ofrece una sistematización detallada del desarrollo organizacional de la Facultad desde su fundación hasta finales del siglo XX, a través de una reconstrucción cronológica basada en documentos oficiales, planes de estudio, reformas administrativas y figuras destacadas. Aunque su aproximación es predominantemente descriptiva y no problematiza explícitamente dimensiones normativas o éticas, su valor para la presente investigación radica en que permite identificar los marcos organizacionales y discursivos dentro de los cuales se produjeron las transformaciones internas de la Facultad. Esta monografía funciona

como un registro de las condiciones estructurales que hicieron posible la emergencia, estabilización o desplazamiento de determinadas comunicaciones al interior de la Facultad.

En esta misma línea, el trabajo de Peter Santamaría Álvarez, *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín* (1994), combina la historia organizacional con una valoración del impacto de la ingeniería en el desarrollo regional. Su narrativa enfatiza el progreso técnico como eje articulador del proyecto educativo de la Escuela, presentándola como un dispositivo central de modernización productiva y racionalización económica. Desde el punto de vista de esta investigación, el interés del estudio reside en que permite observar cómo se consolidó una racionalidad técnica orientada a la eficacia, la planificación y la innovación, que operó como horizonte dominante de sentido durante gran parte del siglo XX. Esta racionalidad (como se evidenciará) constituye una precondición comunicativa para la posterior problematización ética de los límites sociales y ambientales del desarrollo técnico, en la medida en que define qué problemas son considerados relevantes y cuáles permanecen fuera del campo de observación.

Una perspectiva analítica más crítica se encuentra en la obra de Pamela S. Murray, *Sueños de desarrollo: La Escuela Nacional de Minas de Colombia y sus ingenieros, 1887–1970* (2012). Desde la historia social y política de la ingeniería, la autora examina cómo la formación técnica se articuló con proyectos estatales de desarrollo y con imaginarios de modernidad inspirados en modelos occidentales de industrialización. El estudio analiza las relaciones entre ingenieros y Estado, las redes de poder, los discursos de nación y las disputas en torno al papel de la técnica en la sociedad. Para la presente investigación, el principal aporte del estudio de Murray radica en que desplaza la observación desde una descripción predominantemente organizacional hacia la reconstrucción de las comunicaciones que vinculan la formación en ingeniería con expectativas políticas y epistémicas producidas en otros sistemas sociales. En términos sistémicos, su trabajo permite observar cómo ciertas configuraciones de expectativas cognitivas y normativas, producidas en el entorno social, fueron procesadas por la Facultad en la producción de conocimiento ingenieril, haciendo observables algunos problemas relevantes mientras otros permanecían fuera del campo de tematización.

Finalmente, la obra de Luis Javier Villegas Botero, *La Facultad de Minas 1970–2012* (2016), constituye el esfuerzo más reciente por sistematizar las transformaciones académicas, administrativas y curriculares de la Facultad en el contexto de la expansión del sistema universitario

y de las reformas en la educación superior colombiana. A través de un enfoque documental y organizacional, el autor reconstruye los procesos de reforma interna, acreditación, diversificación de programas y consolidación de nuevas líneas de investigación. Aunque el estudio no tematiza de manera explícita las dimensiones éticas o ambientales, su relevancia para esta investigación radica en que permite identificar los momentos institucionales en los que comenzaron a estabilizarse estructuras, discursos y programas orientados hacia la sostenibilidad, especialmente a partir de la década de 1990. En este marco se hacen observables nuevas formas de comunicación ética vinculadas a la responsabilidad social, la ética ambiental y el desarrollo sostenible.

En conjunto, estos cinco estudios configuran un campo de observación plural que articula la historia organizacional, la sociología del trabajo, la historia intelectual de la ingeniería y el análisis organizacional. Su lectura comparada aporta insumos empíricos y conceptuales fundamentales, al tiempo que revela límites analíticos comunes. La mayoría de estos trabajos no problematiza la ética como una comunicación diferenciada ni analiza su evolución interna dentro de la organización universitaria. Desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, la presente investigación se sitúa precisamente en ese vacío, proponiendo analizar cómo la Facultad de Minas, en tanto organización del sistema educativo, ha procesado diversas irritaciones provenientes del entorno y cómo, a través de este proceso, se observa una reconfiguración de la ética profesional como comunicación reflexiva de segundo orden, en la cual se incorporan progresivamente semánticas de responsabilidad, cuidado por la vida y relación con el entorno, comunicaciones que emergen y se estabilizan en el marco más amplio de las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad, orientando la producción de conocimiento, la formación en ingeniería y la acción organizacional.

1.1.2 Estudios sobre ética en organizaciones de educación superior.

Tabla 2.
Estudios sobre ética en organizaciones de educación superior.

Nombre Artículo	Autor (es)	Año
Identidad, valores y ética en la formación de los historiadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León	Guadalupe Chávez González	2005
Formación ética para un desarrollo sustentable	Jazmín Díaz Jessica Montaner Marielina Prieto	2007

Nombre Artículo	Autor (es)	Año
Lo ético en las macropolíticas de la Universidad del Zulia	Lilia Pereira de Homes Gertrudis Ziritt	2007
Responsabilidad social y ética universitaria de la Universidad Católica "Cecilio Acosta" (UNICA): Un estudio exploratorio	Nereida Antúnez Torres Cynthia Martínez de Carrasquero	2008
Valores éticos en la formación universitaria de las áreas de ciencias naturales e ingeniería y tecnología, en el contexto de la sociedad del conocimiento	Cecilia Osuna Edna Luna	2011
Ética, capital social y desarrollo en la Universidad Nacional Experimental del Táchira	Zulay Rangel Toloza Josefina Balbo de Sánchez Doris Avendaño Gelves Humberto Acosta Rivas	2012
Ética: directriz para toma de decisiones en universidades	Marelis Alvarado Mejía Olivia Rangel Luquéz	2012
Rol del liderazgo ético en organizaciones académicas	María Guadalupe Annherys Paz Jesús García Núñez Jesús Salom	2016
La ética profesional desde la perspectiva de los alumnos de ingeniería de una universidad pública	María Rocío Mendoza Belmonte María Amparo Oliveros Ruiz Benjamín Valdez Salas	2017
Revisión de formación ética en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín	Susana Valencia Rodríguez Miguel Rojas López Estefanía Vera Aguirre	2019
Principios del liderazgo ético en directivos de la Universidad de La Guajira, Colombia	Elvis Pinto Aragón Carmenza Mendoza Cataño Ana Rita Villa Navas	2021

En las últimas décadas, las organizaciones de educación superior han sido objeto de múltiples observaciones académicas que tematizan la ética universitaria en el contexto de transformaciones sociales, políticas, tecnológicas y ambientales de alcance global. Estas investigaciones abordan la ética como un conjunto de comunicaciones reflexivas mediante las cuales las organizaciones universitarias procesan expectativas sociales crecientes en torno a su función formativa, su responsabilidad pública y su legitimidad organizacional. Desde esta perspectiva, la ética aparece vinculada a tensiones estructurales propias del sistema universitario, tales como aquellas que se producen entre autonomía organizacional y expectativas del entorno, entre autodescripciones formales y prácticas efectivas, o entre diferenciación académica y demandas externas.

El presente bloque del estado del arte reúne un conjunto de estudios que analizan estas problemáticas, principalmente en el contexto latinoamericano, y que permiten observar cómo la ética es tematizada en distintos niveles de la organización universitaria. La revisión comparada de estos trabajos permite identificar al menos cuatro formas recurrentes de observación del fenómeno: (1) estudios centrados en las autodescripciones normativas y organizacionales, que analizan los

programas, reglamentos y discursos mediante los cuales la universidad se orienta éticamente; (2) investigaciones que tematizan el liderazgo ético como un mecanismo de orientación decisional, poniendo el foco en el papel de los directivos en la producción y estabilización de expectativas normativas; (3) trabajos que analizan la incorporación de la ética en el currículo, observando cómo estas expectativas se traducen en decisiones pedagógicas y dispositivos formativos; y (4) enfoques sobre la responsabilidad social universitaria, entendida como una forma organizacional de relación con el entorno, en la que se articulan la formación ética, la extensión académica y la proyección social. En conjunto, estos estudios permiten identificar avances en la tematización de la ética dentro de las organizaciones universitarias, así como tensiones persistentes en su traducción organizacional y en su estabilización como comunicación orientadora de las prácticas académicas.

1.1.2.1. Dimensiones normativas y organizacionales de la ética en la universidad

En el contexto de las transformaciones recientes de la educación superior, diversas investigaciones han observado un aumento en la tematización de la ética como una forma de comunicación orientadora dentro de las organizaciones universitarias. Esta centralidad no puede ser comprendida únicamente como una respuesta declarativa frente a un entorno social crecientemente complejo, sino como un esfuerzo organizacional por estabilizar expectativas normativas y reforzar su legitimidad mediante programas, documentos estratégicos y criterios formales de decisión. Estas comunicaciones éticas operan como mecanismos mediante los cuales la organización intenta traducir irritaciones provenientes del entorno en estructuras internas de orientación.

En esta línea, Pereira y Ziritt (2007) analizan el caso de la Universidad del Zulia (Venezuela) durante la década de 1990, en un escenario caracterizado por una creciente presión social hacia la responsabilidad organizacional. A partir de una revisión documental de las *Filosofías de Gestión* de 1994 y 1997 y del *Plan de Desarrollo Estratégico* de 1998, las autoras examinan la incorporación de principios como democracia, autonomía, solidaridad y excelencia en las autodescripciones formales de la organización universitaria. Su análisis permite observar cómo estas comunicaciones éticas se formalizan en documentos programáticos que buscan orientar la acción organizacional. Sin embargo, los hallazgos evidencian una débil resonancia de estas comunicaciones en las prácticas cotidianas, en la medida en que los documentos fueron elaborados

sin una participación amplia de los distintos segmentos de la organización. Desde esta perspectiva, la ética aparece como una semántica declarativa que no logra estabilizarse como un criterio efectivo de decisión, produciendo una brecha persistente entre las autodescripciones normativas de la organización y sus operaciones concretas.

Por su parte, Alvarado y Rangel (2012) exploran el funcionamiento de la ética como referencia para la toma de decisiones en universidades públicas venezolanas. A partir de un estudio cualitativo basado en entrevistas a directivos universitarios, las autoras parten del supuesto de que toda organización comunica valores y orientaciones normativas a través de su misión y visión. Aunque su marco teórico se apoya en enfoques éticos normativos, sus resultados permiten ser reinterpretados sistémicamente como una observación de los desajustes entre los programas organizacionales y las decisiones efectivamente adoptadas por los actores en posiciones directivas. La persistencia de prácticas como la "negligencia" o el "uso indebido del poder decisional" pone en evidencia que las comunicaciones éticas formalizadas no operan necesariamente como estructuras vinculantes, sino que pueden coexistir con decisiones que se orientan por otros criterios funcionales.

Ambos estudios coinciden en señalar que la "formalización" de principios éticos en documentos organizacionales no garantiza su traducción en prácticas coherentes ni su estabilización como referencias compartidas al interior de la organización universitaria. Desde una lectura sistémica, esta tensión remite a la dificultad de convertir comunicaciones éticas de alto nivel de abstracción en criterios operativos capaces de orientar decisiones en contextos organizacionalmente complejos. En este sentido, los trabajos revisados permiten observar que la ética, cuando permanece confinada al plano de las autodescripciones formales, tiende a operar como una semántica simbólica, con baja capacidad de acoplamiento con las rutinas decisionales. Esta constatación resulta relevante para la presente investigación, en la medida en que evidencia los límites de la ética como programa declarativo y subraya la importancia de analizar cómo estas comunicaciones logran, o no, integrarse a las operaciones efectivas de las organizaciones universitarias.

1.1.2.2. El liderazgo ético como expectativa organizacional

Un segundo conjunto de investigaciones ha abordado la cuestión ética en la educación superior a partir del análisis del liderazgo universitario, entendido como un factor relevante en la orientación de las prácticas organizacionales y en la estabilización de determinados marcos valorativos. En estos estudios, el liderazgo aparece asociado a la capacidad de las organizaciones universitarias para responder a expectativas sociales crecientes en torno a la "responsabilidad social", "la transparencia" y el "compromiso con el entorno", especialmente en contextos marcados por altos niveles de complejidad e incertidumbre.

Desde esta perspectiva, Paz et al. (2016) analizan el caso de organizaciones académicas venezolanas, situándolas en el marco de una tendencia global orientada a la incorporación de compromisos con el "desarrollo social" y "ambiental". Para los autores, este contexto incrementa la presión sobre las universidades para redefinir sus criterios de legitimidad, lo que se traduce en una mayor visibilidad de referencias éticas en los discursos de gestión. A partir de una metodología cualitativa basada en entrevistas y análisis documental, el estudio observa cómo la ética es tematizada como una filosofía orientadora de la acción organizacional, diferenciándola explícitamente del campo moral y atribuyéndole una función directiva en la toma de decisiones.

Este enfoque permite identificar la ética como un conjunto de comunicaciones que buscan operar como marcos de orientación general, aunque sin garantizar su traducción efectiva en premisas decisionales estables. La investigación muestra que los principios éticos funcionan principalmente como referencias normativas de alto nivel de abstracción, cuya capacidad de incidir en las operaciones cotidianas de la organización depende de su acoplamiento con las estructuras decisionales existentes.

El "liderazgo ético" es conceptualizado por Paz et al. (2016) como un mecanismo mediante el cual las organizaciones intentan mediar entre estas expectativas normativas generalizadas y las exigencias operativas concretas. En este sentido, el liderazgo no se presenta como una cualidad individual, sino como una posición organizacional desde la cual se busca influir en la selección de decisiones, promoviendo determinados criterios de legitimidad asociados al bien colectivo y a la responsabilidad social. Los autores destacan un conjunto amplio de principios (honestidad, transparencia, respeto, cooperación, entre otros) que operan como semánticas disponibles para

orientar la comunicación organizacional, aunque su efectividad depende de su incorporación en prácticas reiteradas y reconocibles.

Un abordaje complementario se encuentra en la investigación de Pinto et al. (2021), quienes analizan los principios del "liderazgo ético" en directivos universitarios de la Universidad de La Guajira, en Colombia. Los autores parten del supuesto de que las transformaciones contemporáneas del sistema universitario, caracterizadas por una mayor apertura, flexibilidad y orientación hacia la sostenibilidad, generan nuevas exigencias sobre la conducción organizacional. Estas exigencias se traducen en expectativas de liderazgo centradas en valores y en una mayor responsabilidad ética frente a los distintos públicos de la universidad.

Desde un diseño metodológico cuantitativo, el estudio identifica la recurrencia de valores como "respeto", "honestidad", "equidad", "responsabilidad" y "transparencia" en los discursos y prácticas declaradas de los directivos encuestados. Más allá de su contenido normativo, estos hallazgos permiten observar cómo tales valores operan como expectativas comunicativas que buscan estabilizar relaciones internas, reducir la contingencia en la toma de decisiones y generar climas organizacionales favorables.

Los autores articulan sus resultados con aportes teóricos previos sobre liderazgo ético de autores como Northouse (2012), Miras y Longás (2020), reforzando la idea de que ciertos principios funcionan como referentes normativos ampliamente compartidos en el campo universitario. Sin embargo, el análisis permanece centrado en la identificación de valores y actitudes, sin problematizar los procesos mediante los cuales estas referencias son seleccionadas, estabilizadas o rechazadas por la organización en función de sus propias estructuras y de las presiones del entorno.

En conjunto, estas investigaciones permiten observar que el liderazgo ético es tematizado como un recurso organizacional para articular expectativas normativas con prácticas de gestión, especialmente en escenarios de cambio y complejidad. No obstante, desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, estos estudios presentan límites analíticos importantes. En primer lugar, tienden a concebir la ética como un conjunto de valores sustantivos o principios prescriptivos, sin abordarla como un tipo específico de comunicación que se produce, circula y se transforma al interior de la organización. En segundo lugar, no incorporan de manera explícita la dimensión temporal, lo que dificulta comprender cómo estas comunicaciones éticas varían históricamente en función de nuevas irritaciones sociales, políticas o ambientales.

Asimismo, permanece poco explorado el proceso mediante el cual las universidades seleccionan y estabilizan determinadas comunicaciones éticas, convirtiéndolas, o no, en premisas decisionales capaces de orientar la acción organizacional. El liderazgo puede ser comprendido no tanto como un atributo moral, sino como una posición estructural que media la traducción de expectativas éticas en decisiones organizacionalmente procesables. Precisamente, este vacío analítico abre un espacio relevante para la presente investigación, que se propone analizar la evolución de las comunicaciones éticas en una organización universitaria, atendiendo a sus formas de selección, estabilización y transformación en el tiempo, en interacción con las semánticas contemporáneas de la sostenibilidad y la sustentabilidad.

1.1.2.3. El currículo ético como estructura de selección formativa

Un tercer conjunto de investigaciones ha abordado la cuestión ética en la educación superior a partir del análisis del currículo y de los procesos formativos en programas profesionales. En estos estudios, la ética aparece tematizada como un componente que debe ser incorporado a la formación universitaria en respuesta a la creciente complejidad de los entornos tecnocientíficos, sociales y ambientales en los que operan los futuros profesionales. Desde una lectura sistémica, estas investigaciones permiten observar cómo el sistema educativo intenta procesar nuevas expectativas éticas mediante su traducción en estructuras curriculares, dispositivos pedagógicos y criterios de evaluación.

El trabajo de Osuna y Luna (2011) examina las percepciones de docentes de ciencias naturales e ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California respecto a la enseñanza de la ética profesional. Los resultados evidencian un consenso general en torno a la relevancia de referencias éticas como la “responsabilidad” o la “honestidad”; sin embargo, también muestran una alta heterogeneidad en las estrategias utilizadas para su incorporación en el proceso formativo. Algunos docentes optan por asignaturas específicas, mientras que otros privilegian enfoques transversales o apelan al ejemplo personal. Esta dispersión es interpretada por los autores como un indicador de la ausencia de estructuras curriculares estabilizadas que permiten a la organización educativa procesar “de manera consistente” las comunicaciones éticas, trasladando su selección a decisiones individuales de los docentes.

Desde una perspectiva crítica, Díaz et al. (2007) analizan el currículo de la Escuela de Administración y Contaduría de la Universidad del Zulia, señalando la presencia "difusa" y "marginal" de contenidos éticos en los planes de estudio. A partir de entrevistas y análisis documental, los autores muestran que los códigos de conducta existentes operan principalmente como mecanismos de regulación comportamental, más que como dispositivos formativos capaces de generar reflexión ética sostenida. Esta observación permite identificar una reducción de la ética a una función normativa mínima, orientada a controlar desviaciones, sin que se configure como una comunicación reflexiva integrada al proceso educativo. Un abordaje complementario es el de Mendoza et al. (2018), quienes analizan las percepciones de estudiantes de ingeniería de la Universidad Politécnica de Baja California respecto a sus competencias éticas. Los resultados indican un desarrollo relativamente mayor en "competencias sociales y cognitivas", frente a debilidades persistentes en la dimensión ética, particularmente en lo relacionado con la consideración de impactos sociales y ambientales de las decisiones técnicas.

En una línea propositiva, Valencia Rodríguez et al. (2018) desarrollan una estrategia pedagógica para la enseñanza de la ética en programas de ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Tras el análisis comparado de currículos universitarios, los autores identifican que la ética suele aparecer como un componente aislado y con escasa incidencia en el conjunto del proceso formativo. Como alternativa, proponen metodologías activas orientadas al análisis de casos, el trabajo cooperativo y el aprendizaje situado, con el fin de fortalecer capacidades de deliberación y juicio profesional.

En conjunto, los estudios revisados permiten observar un campo en el que la ética circula como una expectativa ampliamente compartida, pero cuya traducción en estructuras curriculares estables permanece problemática. Aunque la importancia de la formación ética es recurrentemente afirmada, las investigaciones evidencian una tensión persistente entre el reconocimiento discursivo de su relevancia y su incorporación efectiva como premisa formativa.

Desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, estos trabajos presentan límites analíticos similares a los identificados en otros bloques del estado del arte. En particular, no abordan el currículo como una estructura temporalmente estabilizada que selecciona qué comunicaciones son relevantes para la formación profesional, ni analizan cómo las organizaciones universitarias procesan las irritaciones provenientes del entorno mediante la reconfiguración de sus programas académicos.

1.1.2.4. La responsabilidad social universitaria como espacio formativo

Un cuarto conjunto de investigaciones ha abordado la ética universitaria a partir del análisis de la *Responsabilidad Social Universitaria* (RSU), entendida como un conjunto de comunicaciones mediante las cuales las organizaciones de educación superior "redefinen su relación con el entorno social". En estos estudios, la ética deja de situarse exclusivamente en el aula o en los marcos normativos formales y comienza a desplegarse en las prácticas de "extensión", "vinculación" y "gestión", configurando nuevos espacios formativos más allá del currículo explícito. Desde una lectura sistémica, la RSU puede ser comprendida como una semántica que permite a la universidad procesar expectativas sociales crecientes en torno a "responsabilidad", "equidad", "sostenibilidad" y "cuidado de la vida".

En este marco se inscribe la investigación de Rangel et al. (2012), desarrollada en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), en Venezuela. A partir de una metodología participativa basada en la investigación-acción, los autores analizan cómo la RSU es tematizada y puesta en práctica en distintos niveles de la organización universitaria. El estudio incorpora las percepciones de estudiantes, docentes, personal administrativo y obrero, permitiendo observar la circulación diferenciada de las comunicaciones éticas en función de las posiciones organizacionales. La RSU es definida como la capacidad de la universidad para aplicar principios y valores éticos en el conjunto de sus funciones misionales, articulando docencia, investigación, gestión y extensión en respuesta a demandas sociales específicas (Rangel et al., 2012). Esta aproximación permite observar cómo la organización universitaria intenta ampliar sus mecanismos de acoplamiento con el entorno mediante dispositivos formativos que trascienden el espacio académico tradicional. Los resultados del estudio muestran que, en determinados programas, especialmente aquellos vinculados a problemáticas socioambientales, las comunicaciones asociadas a la "responsabilidad social" adquieren mayor visibilidad y estabilidad, siendo percibidas por los estudiantes como parte constitutiva de su proceso formativo. Esto sugiere que la selección de ciertas temáticas y prácticas formativas responde a la capacidad de algunos subsistemas académicos para generar internamente irritaciones a partir de referencias al entorno social y ambiental. No obstante, la investigación también pone en evidencia límites estructurales relevantes. Entre ellos se destacan la "débil vinculación sostenida con las comunidades locales", la "fragmentación de los canales de participación interna" y la "exclusión relativa de ciertos

estamentos", como el personal administrativo y obrero, de los espacios formativos asociados a la RSU.

En el plano conceptual, Rangel et al. (2012) retoman los planteamientos de Acosta (2002), según los cuales la RSU no debe entenderse como un conjunto de acciones complementarias o periféricas, sino como una estrategia que reconfigura el sentido público de la universidad. El estudio desarrollado en la UNET permite observar cómo la responsabilidad social universitaria puede operar como un espacio formativo ampliado, en el que las comunicaciones éticas se despliegan más allá del currículo formal y se articulan con prácticas de vinculación social. Sin embargo, también evidencia que este proceso depende de condiciones organizacionales específicas que permitan seleccionar, estabilizar y reproducir dichas comunicaciones en el tiempo.

En conjunto, los estudios revisados permiten constatar que la ética ha adquirido una presencia creciente en las observaciones académicas sobre la universidad, siendo tematizada desde enfoques normativos, organizacionales, pedagógicos y relacionales, y abordada mediante metodologías cualitativas, cuantitativas y participativas que dan cuenta de su relevancia contemporánea. Estas investigaciones han contribuido a visibilizar la expansión de expectativas éticas asociadas a la responsabilidad social, la sostenibilidad, el liderazgo y la formación profesional, así como las tensiones que emergen cuando dichas expectativas intentan traducirse en prácticas universitarias concretas. Sin embargo, desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, este campo presenta límites analíticos persistentes. En primer lugar, la mayoría de los estudios privilegia técnicas orientadas a captar percepciones, valores o actitudes individuales, como entrevistas, encuestas o autoinformes, lo cual desplaza el análisis hacia el nivel de la conciencia y restringe la observación de las operaciones propiamente comunicativas de la organización. En segundo lugar, la ética suele ser concebida como un conjunto de principios sustantivos, competencias o disposiciones normativas, sin ser abordada explícitamente como una comunicación reflexiva de segundo orden mediante la cual la organización observa y reorienta sus propias decisiones. Como consecuencia, los trabajos revisados no logran reconstruir, en clave organizacional y temporal, los procesos de emergencia, variación, selección y estabilización de las comunicaciones éticas, ni identificar las condiciones estructurales que hacen posible su reproducción como premisas decisionales. Tampoco se analizan de manera sistemática los mecanismos mediante los cuales estas comunicaciones se acoplan con otras estructuras organizacionales ni cómo responden a transformaciones históricas del entorno social, político y

ambiental. Este conjunto de vacíos abre un espacio analítico relevante que la presente investigación asume, al proponer un abordaje de la ética universitaria como un proceso evolutivo de comunicaciones organizacionalmente estabilizadas, orientado a comprender sus transformaciones, límites y alcances en el tiempo.

1.1.3 Estudios sobre sostenibilidad, sustentabilidad y educación superior

Tabla 3.
Estudios sobre sostenibilidad, sustentabilidad y educación superior.

Nombre Artículo	Autor (es)	Año
La universidad frente a la globalización	Franz J. Hinkelammert	2005
Panorama de la sustentabilidad en la educación superior latinoamericana: un análisis histórico y actual	Orlando Sáenz Zapata	2014
El desarrollo sustentable y análisis de su impacto en los códigos de ética ingeniería en dos países latinoamericanos	César Gil R.	2015
Ambiente y sustentabilidad en las instituciones de educación superior en América Latina y el Caribe	Javier Benayas Orlando Sáenz Zapata	2015
Biomímesis: una propuesta ética y técnica para reorientar la ingeniería por los senderos de la sustentabilidad	Nicolás Jiménez Iguarán Omar Javier Ramírez	2016
Institucionalización del compromiso ambiental en las universidades colombianas: un análisis diagnóstico	Orlando Sáenz Zapata Ángela María Plata Rangel María Teresa Holguín Aguirre William Manuel Mora Penagos Norka Blanco Portela	2017
El compromiso ambiental de instituciones de educación superior en Colombia	María Mercedes Callejas Restrepo Orlando Sáenz Zapata Ángela María Plata Rangel María Teresa Holguín Aguirre William Manuel Mora Penagos	2018
Universidad y medio ambiente en América Latina y el Caribe	Orlando Sáenz Zapata	2020

En las últimas décadas, las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad han adquirido una presencia creciente en el campo de la educación superior, configurándose como referencias éticas, políticas y epistémicas que interpelan las autodescripciones, las orientaciones formativas y las prácticas organizacionales de las universidades. Más que simples tendencias discursivas, estas semánticas se han configurado como ofertas de sentido disponibles para la comunicación universitaria, siendo incorporadas de manera diferenciada en las operaciones

organizacionales a través de decisiones curriculares, programas académicos y dispositivos de gestión, especialmente en el contexto latinoamericano.

El presente bloque del estado del arte tiene como propósito analizar un conjunto de investigaciones que analizan la incorporación de estas categorías en las universidades de la región, a partir de enfoques históricos, ético-profesionales y críticos. Para organizar esta revisión, se han identificado cinco ejes temáticos: (1) las transformaciones éticas y epistemológicas en la ingeniería frente a la sustentabilidad; (2) el enfoque ambiental en la educación superior latinoamericana; (3) la semántica de la sustentabilidad en las universidades; (4) las tensiones entre globalización, mercado y responsabilidad universitaria; y (5) los retos epistemológicos y pedagógicos que enfrenta la universidad para estabilizar un modelo formativo orientado a la sustentabilidad.

En conjunto, esta revisión permite observar tanto los avances como las limitaciones en la incorporación de las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad en el sistema universitario. Al mismo tiempo, pone en evidencia vacíos analíticos relevantes, en particular la escasa problematización de estos procesos desde una perspectiva comunicativa, evolutiva y organizacional.

1.1.3.1. Transformaciones éticas y epistemológicas en la ingeniería frente a la sustentabilidad

Uno de los espacios en los que las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad han adquirido mayor visibilidad dentro de la educación superior es el campo de la ingeniería. En este ámbito, la creciente problematización de los efectos sociales y ambientales del desarrollo tecnocientífico ha tensionado las formas tradicionales de producción y aplicación del conocimiento técnico, abriendo un campo de reflexión crítica sobre los criterios de legitimidad que orientan la práctica profesional del ingeniero. Desde esta perspectiva, la sostenibilidad y la sustentabilidad surgen como referencias semánticas que cuestionan los fundamentos epistemológicos y éticos sobre los cuales se ha estructurado históricamente la ingeniería moderna.

Tanto Jiménez y Ramírez (2016) como Gil (2015) coinciden en observar que la formación en ingeniería ha estado predominantemente orientada por una racionalidad instrumental-productiva, en la que el conocimiento técnico se legitima por su eficiencia operativa y su capacidad de intervención sobre la naturaleza, relegando consideraciones éticas, sociales y ambientales de

largo plazo. En esta configuración, la relación con el medio ambiente se organiza bajo una semántica de control y explotación, que limita la posibilidad de problematizar las consecuencias no intencionadas de la acción técnica. La emergencia de la sustentabilidad introduce, en este contexto, una perturbación semántica que obliga a revisar los criterios mediante los cuales la ingeniería define su función social y su responsabilidad frente a la vida.

El trabajo de Jiménez y Ramírez (2016) analiza cómo la sustentabilidad interpela las bases epistémicas de la ingeniería contemporánea, proponiendo un desplazamiento hacia una ética de la responsabilidad inspirada en los planteamientos de Hans Jonas. A partir de una revisión crítica de códigos de ética profesional en América Latina, los autores identifican los límites de una ética centrada exclusivamente en la corrección normativa del ejercicio profesional y abogan por el desarrollo de competencias críticas, interdisciplinarias y deliberativas. Como alternativa, proponen la adopción de principios biomiméticos, entendidos como una forma de reorientar el diseño ingenieril a partir de la observación de sistemas naturales, integrando criterios de sostenibilidad, complejidad y cuidado de la vida.

Por su parte, Gil (2015) indaga por las condiciones históricas que han conducido a lo que denomina un "vaciamiento ético" de la ingeniería, señalando que la progresiva autonomización del pensamiento técnico respecto de la reflexión ética ha contribuido a la consolidación de modelos de desarrollo insostenibles. Mediante un análisis de carácter ensayístico, el autor plantea la necesidad de reconstruir la práctica profesional de la ingeniería en torno a una orientación explícita hacia el cuidado de la vida y del entorno, cuestionando la neutralidad del conocimiento técnico y su separación de las consecuencias sociales y ambientales de su aplicación. En este enfoque, la ética aparece como una instancia reflexiva que permite reintroducir la pregunta por los límites y las responsabilidades del actuar ingenieril.

Ambos trabajos coinciden en que los desafíos éticos asociados a la sustentabilidad no pueden ser abordados mediante ajustes curriculares marginales ni a través de la simple incorporación de normativas externas, sino que exigen una revisión profunda de los supuestos epistemológicos y de las referencias morales que estructuran la formación y el ejercicio profesional en ingeniería. No obstante, desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, estos estudios presentan límites analíticos relevantes. En primer lugar, no incorporan un marco sociológico que permita observar cómo estas comunicaciones éticas se comunican, se seleccionan o se estabilizan en el interior de organizaciones universitarias concretas. En segundo lugar, la ética es tratada

principalmente como un contenido normativo o axiológico, sin ser conceptualizada como una forma específica de comunicación reflexiva de segundo orden.

Asimismo, estos trabajos no analizan los procesos organizacionales mediante los cuales las semánticas de la sustentabilidad son seleccionadas, ni las condiciones de posibilidad que permiten su traducción en decisiones curriculares, programas formativos o estructuras académicas relativamente estables.

1.1.3.2. El enfoque ambiental en la educación superior latinoamericana

La incorporación de la dimensión ambiental y de las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad en la educación superior no puede ser comprendida como un proceso lineal, acumulativo o homogéneo, sino como una trayectoria evolutiva marcada por variaciones semánticas, selecciones contingentes y estabilizaciones parciales al interior del sistema universitario. Las investigaciones de Sáenz (2014, 2020) y Sáenz y Benayas (2015) ofrecen una reconstrucción detallada de este proceso en América Latina, particularmente en Colombia, y permiten observar cómo las universidades han ido procesando, de manera diferenciada, expectativas crecientes en torno a la relación entre conocimiento, medio ambiente y responsabilidad social. Para los autores, la preocupación por lo ambiental emerge inicialmente como una semántica correctiva, orientada a la mitigación de impactos negativos asociados al desarrollo científico-técnico, y se desplaza progresivamente hacia formulaciones más amplias en las que la sustentabilidad comienza a operar como un principio de orientación transversal. Este desplazamiento no implica una sustitución total de enfoques previos, sino la coexistencia de múltiples referencias semánticas que se superponen y compiten por orientar las comunicaciones universitarias en los ámbitos de la formación, la investigación y la gestión.

Sáenz (2014) muestra que, aun cuando las universidades mantienen elevados niveles de diferenciación organizacional interna, a partir de la década de 1980 comienzan a incrementarse las comunicaciones en torno a lo ambiental, las cuales adquieren progresiva visibilidad dentro del espacio universitario. En su análisis, identifica una serie de eventos internacionales y regionales que operan como puntos de condensación semántica, tales como el *Primer Seminario sobre Universidad y Medio Ambiente* (Bogotá, 1985), la *Cumbre de Río* (1992), la *Declaración de Kioto* (1993) y, más recientemente, la formulación de los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (2015).

Estos eventos no actúan como causas directas del cambio, sino como referencias comunicativas que incrementan la resonancia de determinadas expectativas ambientales en el sistema universitario, facilitando su tematización recurrente. A partir de estas referencias, Sáenz observa la emergencia de nuevas estructuras organizacionales, programas académicos, políticas internas y líneas de investigación orientadas a la sostenibilidad. Sin embargo, estos desarrollos se presentan de manera asimétrica, evidenciando que la selección y estabilización de las semánticas ambientales depende de las condiciones organizacionales específicas de cada universidad.

En esta misma línea, Sáenz y Benayas (2015) profundizan en la evolución del enfoque ambiental universitario en Colombia, señalando que, si bien se han producido avances importantes en términos normativos, creación de programas y consolidación de redes académicas, persisten obstáculos estructurales que limitan la estabilización de la sustentabilidad como criterio orientador de largo plazo. Entre estos obstáculos se destacan la "resistencia al cambio cultural", la "fragilidad de los marcos curriculares", la "insuficiente formación docente en educación ambiental" y la "escasa articulación entre los ámbitos de gestión organizacional y los procesos formativos". Estos elementos revelan las dificultades de traducir una semántica ambiental ampliamente aceptada en decisiones organizacionalmente vinculantes.

Por su parte, Sáenz (2020) introduce una lectura más crítica del proceso al señalar que, en numerosos casos, la inclusión de la sustentabilidad en la educación superior ha operado como una forma de adaptación discursiva, sin que ello implique una transformación sustantiva de las estructuras académicas ni de los criterios dominantes de producción de conocimiento. Desde esta perspectiva, la ambientalización universitaria puede funcionar como una estrategia de legitimación organizacional frente a expectativas externas crecientes, sin cuestionar de manera profunda las lógicas funcionales que articulan la universidad con otros sistemas sociales, como la economía, la política o la ciencia. Esta observación permite problematizar la sustentabilidad más allá de su función como referencia ambiental, para comprenderla como una semántica ético-política cuya capacidad de producir transformaciones depende de su eventual estabilización en las operaciones comunicativas del sistema universitario y de su traducción en criterios internos de orientación organizacional.

En conjunto, estos estudios ofrecen una reconstrucción valiosa de la trayectoria histórica de la sustentabilidad como referencia relevante en el sistema universitario latinoamericano, y permiten identificar tanto las condiciones de posibilidad como los límites de su consolidación. No obstante,

desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, se advierte una ausencia de marcos analíticos que conceptualicen estas transformaciones como procesos de evolución comunicativa. La dimensión temporal del cambio, la lógica de variación, selección y estabilización de las semánticas ambientales, así como la complejidad de los acoplamientos entre universidad, ciencia, política y medio ambiente, tienden a diluirse en enfoques predominantemente descriptivos o normativos.

1.1.3.3. La semántica de la sustentabilidad en las universidades

Uno de los desafíos centrales que enfrentan las universidades contemporáneas consiste en la capacidad de procesar y estabilizar las comunicaciones sobre sostenibilidad y sustentabilidad de modo que estas logren trascender su circulación discursiva y se traduzcan en estructuras organizacionales estables, criterios de decisión y prácticas recurrentes en las funciones sustantivas de la educación superior. Desde esta perspectiva, los estudios de Sáenz et al. (2017) y Callejas et al. (2018) ofrecen insumos empíricos relevantes para observar los procesos mediante los cuales la sustentabilidad es seleccionada y estabilizada en universidades colombianas, así como las tensiones que emergen en dicho proceso.

Sáenz et al. (2017) desarrollan un modelo analítico orientado a evaluar el grado de "consolidación" del enfoque ambiental en organizaciones universitarias, a partir de seis dimensiones organizacionales: "políticas y normativas institucionales", "docencia", "investigación", "extensión", "gestión administrativa" y "formación del profesorado". Con base en una encuesta aplicada a 43 universidades colombianas, los autores identifican una "incorporación desigual" de la sustentabilidad en estas dimensiones, con mayor visibilidad en la gestión administrativa y en ciertos componentes de la docencia, y una presencia más débil en la investigación y la extensión. Aunque se registra un aumento en la creación de oficinas, comités, planes y reglamentos ambientales, el estudio evidencia que estas estructuras no siempre logran generar transformaciones estables en las prácticas pedagógicas ni en la cultura académica. En este sentido, la sustentabilidad aparece con frecuencia como una semántica orientada a la legitimación organizacional, cuya formalización normativa no garantiza su reproducción efectiva en las operaciones cotidianas del sistema universitario.

Por su parte, Callejas et al. (2018) presentan un estudio de caso en la Universidad de San Buenaventura de Medellín, centrado en las "estrategias institucionales" orientadas a incorporar el

enfoque de desarrollo sostenible en la cultura organizacional. A partir de entrevistas y análisis documental, los autores muestran cómo la sustentabilidad se expresa en políticas internas, programas de gestión ambiental y participación en redes académicas. No obstante, el estudio también identifica tensiones persistentes entre estas orientaciones y formas de operación consolidadas, tales como la primacía de la "productividad investigativa", la "tecnificación del conocimiento" y la "segmentación disciplinar". Estas tensiones dificultan la movilización sostenida de la comunidad universitaria y limitan la posibilidad de que las prácticas asociadas a la sustentabilidad trasciendan el plano simbólico o instrumental.

En conjunto, ambos trabajos coinciden en señalar que la "institucionalización" de la sustentabilidad no se resuelve mediante actos normativos ni por la simple creación de instancias administrativas, sino que requiere procesos de "rearticulación interna" que afecten simultáneamente estructuras curriculares, esquemas de valoración académica y formas de coordinación entre funciones universitarias.

1.1.3.4. Tensiones entre globalización, mercado y responsabilidad universitaria

La incorporación de la sustentabilidad en la educación superior se inscribe en un contexto estructural más amplio, marcado por la expansión de semánticas globales, la reconfiguración de los acoplamientos entre economía, política y ciencia, y la transformación de las expectativas sociales que la sociedad dirige a las organizaciones universitarias. Desde una perspectiva crítica, Hinkelammert (2005) problematiza los supuestos normativos e ideológicos que acompañan este proceso, señalando cómo la universidad contemporánea ha sido crecientemente orientada por semánticas asociadas a la "competitividad", la "eficiencia" y la "productividad", en consonancia con las lógicas del sistema económico.

En esta reconfiguración, la universidad tiende a ser observada y valorada prioritariamente como organización productora de "capital humano" y "conocimiento utilizable", desplazando semánticas vinculadas a la "formación integral", la "reflexión ética" y el "compromiso social". En este marco, Hinkelammert (2005) advierte que la sustentabilidad corre el riesgo de operar como una semántica funcionalmente neutralizada, susceptible de ser integrada al discurso organizacional sin alterar las estructuras decisionales que reproducen modelos de desarrollo insostenibles. La sustentabilidad, bajo estas condiciones, puede convertirse en un recurso simbólico de legitimación

institucional o en un criterio técnico de gestión ambiental, desprovisto de su potencial ético-político para cuestionar los fundamentos del orden económico dominante. La crítica del autor se dirige, por tanto, no solo contra los efectos de la mercantilización, sino también contra la neutralización de la ética como elemento constitutivo del pensamiento universitario.

Frente a este escenario, Hinkelammert (2005) propone una recuperación de la ética de la responsabilidad, entendida como una forma de orientación normativa centrada en la vida, en la consideración de las consecuencias de la acción humana y en el reconocimiento de los límites ecológicos y sociales. Esta ética se presenta como una semántica crítica que reintroduce la pregunta por los efectos sistémicos de la racionalidad instrumental. Desde esta perspectiva, la globalidad deja de ser concebida exclusivamente como integración mercantil y se redefine como conciencia planetaria, lo cual otorga a la sustentabilidad un sentido normativo más amplio, asociado al "cuidado", la "justicia" y la "preservación de las condiciones de posibilidad de la vida".

Aunque el trabajo de Hinkelammert no se inscribe en una investigación empírica ni aborda casos concretos de educación superior, su aporte teórico resulta relevante para situar el debate sobre la sustentabilidad universitaria en una dimensión estructural que articula economía, ética y política. No obstante, el texto no desarrolla una conceptualización de cómo estas tensiones se comunican, se traducen o se procesan al interior de organizaciones universitarias específicas.

1.1.3.5. Retos epistemológicos y pedagógicos para una universidad sustentable

La tematización de la sustentabilidad en la educación superior no se limita a la formulación de políticas organizacionales ni a la adopción de indicadores ambientales, sino que también remite a tensiones más profundas en torno a las formas de producción, transmisión y validación del conocimiento. Diversos estudios, entre ellos los de Jiménez y Ramírez (2016), Sáenz (2014) y Sáenz (2020), coinciden en identificar estos elementos como puntos críticos que condicionan la posibilidad de estabilizar la sustentabilidad como orientación formativa en el sistema universitario.

Desde el campo de la ingeniería, Jiménez y Ramírez (2016) analizan cómo la incorporación de la sustentabilidad introduce una perturbación en las formas tradicionales de entender el conocimiento técnico, al exigir la articulación de competencias éticas, deliberativas e interdisciplinares. Más que una reforma curricular puntual, los autores señalan la importancia de que emerjan expectativas pedagógicas que amplíen el horizonte cognitivo de la formación

profesional, incorporando referencias a la ética del cuidado, al pensamiento complejo y a la biomímesis. Por su parte, Sáenz (2014) muestra que, en el contexto latinoamericano, la traducción de estas semánticas en prácticas pedagógicas enfrenta restricciones estructurales persistentes: diseños curriculares altamente segmentados, escasa formación docente en educación ambiental, débil articulación entre docencia, investigación, extensión y gestión, y una cultura académica orientada por criterios de productividad individual. Estas condiciones limitan la capacidad de las organizaciones universitarias para procesar de manera consistente las expectativas asociadas a la sustentabilidad en el ámbito pedagógico. En trabajos posteriores, Sáenz (2020) profundiza esta crítica al señalar que, en muchos casos, la sustentabilidad es incorporada como retórica organizacional sin generar desplazamientos significativos en las estructuras cognitivas y pedagógicas de la universidad, operando más como un recurso de adaptación discursiva que como una transformación estructural.

En conjunto, estos estudios coinciden en señalar que la sustentabilidad introduce una exigencia de redefinición epistemológica, en la medida en que cuestiona qué se reconoce como conocimiento válido, cómo se articula la relación entre ciencia, técnica y sociedad, y qué tipo de formación profesional se considera socialmente legítima. Desde esta perspectiva, la sustentabilidad es presentada como una semántica que amplía los criterios de legitimación del saber universitario, incorporando referencias al cuidado de la vida, a la responsabilidad social y a la interdependencia socioambiental. No obstante, al igual que en los ejes anteriores, los trabajos analizados tienden a formular diagnósticos y propuestas sin abordar de manera sistemática cómo estas expectativas epistemológicas y pedagógicas se comunican, se seleccionan o se estabilizan al interior de las organizaciones universitarias. Las transformaciones suelen presentarse en términos normativos o prescriptivos, sin observar los procesos mediante los cuales dichas semánticas ingresan en las operaciones cotidianas de la docencia, se traducen en decisiones curriculares o se consolidan como prácticas recurrentes.

En términos metodológicos, se observa una amplia diversidad de enfoques que aportan diagnósticos valiosos sobre los límites y potencialidades de la sustentabilidad en la educación superior. Sin embargo, esta pluralidad metodológica no siempre se acompaña de un marco teórico que permita comprender a la universidad como organización autopoiética, operando mediante comunicaciones diferenciadas. La mayoría de los estudios privilegia el análisis de políticas, programas o percepciones de actores, sin descender al nivel de las comunicaciones concretas a

través de las cuales la sustentabilidad es tematizada, negociada y eventualmente estabilizada en estructuras organizacionales.

De este modo, las tensiones recurrentemente identificadas entre discurso y práctica, entre ambientalización simbólica y transformación efectiva, entre ética y tecnocracia ponen de relieve un vacío analítico persistente: la ausencia de estudios que aborden la sustentabilidad como una forma específica de comunicación ética que evoluciona históricamente dentro de las universidades. Asimismo, se advierte la falta de aproximaciones que analicen los acoplamientos entre educación, ciencia, política, economía y como condiciones de posibilidad para la entrada y estabilización de estas semánticas en el sistema universitario.

1.1.4. Conclusión

En conjunto, el estado del arte revisado permite identificar un campo de investigación amplio y heterogéneo que ha abordado la ética, la sustentabilidad y la educación superior desde múltiples enfoques teóricos, metodológicos y empíricos. Los estudios analizados han recurrido a técnicas diversas (análisis documental, estudios históricos, entrevistas, encuestas, estudios de caso y ensayos teóricos) y se han apoyado en marcos normativos, éticos, pedagógicos, críticos e institucionales para observar las transformaciones del sistema universitario frente a nuevas expectativas sociales y ambientales. Estos trabajos han contribuido a visibilizar la creciente centralidad de la ética y la sustentabilidad en la universidad contemporánea, así como las tensiones entre discurso y práctica, entre normatividad y operación, y entre institucionalización formal y apropiación cultural. No obstante, desde la perspectiva de la teoría de sistemas sociales, se evidencian limitaciones analíticas significativas. En primer lugar, la mayoría de las investigaciones concibe la ética y la sustentabilidad como valores, principios o contenidos sustantivos, sin problematizarlas como formas específicas de comunicación ni como reflexiones de segundo orden que orientan la selección de decisiones en organizaciones complejas. En segundo lugar, predomina un énfasis en las percepciones de actores individuales y en técnicas como la entrevista, las cuales aportan información relevante sobre experiencias y discursos, pero resultan insuficientes para analizar las operaciones comunicativas, las estructuras decisionales y los procesos de estabilización organizacional. En tercer lugar, los estudios tienden a ofrecer diagnósticos sin incorporar una perspectiva temporal y evolutiva que permita observar cómo estas comunicaciones éticas emergen,

varían, son seleccionadas o se estabilizan históricamente al interior de las universidades. Finalmente, se advierte la ausencia de un análisis sistemático de las condiciones organizacionales que hacen posible o limitan la institucionalización de estas comunicaciones, así como de los acoplamientos entre educación, ciencia, política, economía y medio ambiente que las condicionan. Estos vacíos justifican la necesidad de una investigación que, desde un enfoque sistémico y comunicativo, analice la evolución de las comunicaciones éticas en una organización universitaria concreta, atendiendo a sus dinámicas internas, a su relación con el entorno y a los procesos mediante los cuales la ética de la sustentabilidad se convierte en un principio orientador de la vida organizacional.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Observar la evolución de las comunicaciones éticas en la ingeniería en el contexto de la Facultad de Minas entre 1886 y 2023, desde un enfoque relacional que permita reconstruir cómo esta organización ha procesado, a lo largo del tiempo, las referencias provenientes de distintos sistemas sociales funcionalmente diferenciados, y cómo dichas referencias han incidido en la reespecificación de la responsabilidad profesional del ingeniero.

2.2. Objetivos específicos

- Reconstruir las comunicaciones éticas producidas en la Facultad de Minas desde 1886 hasta 2023 atendiendo a los desplazamientos semánticos mediante los cuales la responsabilidad profesional del ingeniero fue reespecificada en el contexto de la diferenciación funcional de la sociedad.
- Analizar la forma en que la Facultad de Minas ha procesado, a lo largo de su trayectoria, expectativas provenientes de distintos sistemas sociales funcionalmente diferenciados (religión, Estado, economía, ciencia y educación) y cómo estas fueron reespecificadas organizacionalmente como orientaciones éticas.
- Identificar las condiciones comunicativas bajo las cuales las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad ingresan y adquieren relevancia en la Facultad de Minas, así como las tensiones y procesos de reespecificación ética asociados a la configuración contemporánea de la responsabilidad profesional en la ingeniería.

3. Marco teórico

La presente investigación se inscribe en la teoría de los sistemas sociales de Niklas Luhmann, asumida como un marco teórico que orienta una forma específica de observación de la realidad social. Desde esta perspectiva, la sociedad moderna es comprendida como un sistema funcionalmente diferenciado, compuesto por sistemas parciales autónomos que operan mediante comunicaciones propias y que se relacionan entre sí a través de acoplamientos estructurales. En coherencia con este enfoque, el estudio adopta una orientación sistémico-relacional que sitúa el análisis en el plano de las operaciones comunicativas y de las formas mediante las cuales los sistemas producen y estabilizan sentido.

3.1. Marco conceptual

El presente apartado expone el marco conceptual–teórico que orienta la investigación y que hace posible la observación del fenómeno analizado. El desarrollo conceptual se orienta a mostrar su operatividad analítica en el análisis del caso empírico, estableciendo vínculos explícitos entre el marco teórico y las decisiones metodológicas adoptadas en la investigación. De este modo, el marco conceptual no se presenta como un repertorio abstracto de definiciones, sino como un dispositivo teórico que guía la observación empírica y permite reconstruir, en clave sistémica, la evolución de las comunicaciones éticas en la ingeniería, en el contexto de una organización universitaria históricamente situada y estructuralmente acoplada a múltiples sistemas sociales.

3.1.1. Sociedad moderna y diferenciación funcional

La teoría de los sistemas sociales de Luhmann parte de una caracterización específica de la sociedad moderna como una sociedad estructurada a partir de la *diferenciación funcional*. En este marco, la sociedad se concibe como un sistema social que produce y reproduce sus propias operaciones mediante comunicación, y cuya complejidad se organiza a través de la emergencia de sistemas funcionales especializados, cada uno orientado por una función específica y por formas propias de comunicación (Luhmann, 2006).

La *diferenciación funcional* constituye el principio estructurante de la sociedad moderna, en la medida en que reemplaza formas anteriores de organización social basadas en la segmentación o la estratificación. En lugar de ordenar la sociedad según posiciones jerárquicas o pertenencias estables, la *diferenciación funcional* organiza la comunicación social a partir de sistemas autónomos como la política, la economía, el derecho, la ciencia, la educación y la religión, entre otros. Cada uno de estos sistemas opera mediante un código binario específico que orienta la selección de sus comunicaciones y delimita su función en la sociedad (Luhmann, 2006).

Desde esta perspectiva, la unidad de la sociedad moderna no se sostiene en una instancia central ni en un principio normativo común, sino en la coexistencia de múltiples sistemas funcionales que operan de manera simultánea y autónoma. Luhmann señala que la sociedad moderna es una sociedad sin centro, en la que ningún sistema puede asumir la representación total de la sociedad ni coordinar de forma unificada el conjunto de sus operaciones. Esta estructura incrementa de manera significativa la complejidad social, al tiempo que amplía las posibilidades de variación y especialización de las comunicaciones (Luhmann, 2006).

La *diferenciación funcional* implica que cada sistema observa la sociedad desde su propia perspectiva operativa, produciendo descripciones parciales y específicas del entorno. En el caso del sistema educativo, y en particular de la universidad, esta observación se orienta a la producción y transmisión de conocimiento, a la formación profesional y a la legitimación de saberes especializados. La universidad opera, así, como una organización que participa en el sistema educativo y que, al mismo tiempo, se encuentra estructuralmente acoplada con otros sistemas funcionales, como la ciencia, la política, la economía y el derecho.

Esta forma de organización social resulta clave para la presente investigación, en la medida en que permite comprender cómo las expectativas sociales en torno a la profesión, la técnica y la responsabilidad adquieren formas diferenciadas según el sistema desde el cual se comunican. En una sociedad funcionalmente diferenciada, las orientaciones éticas vinculadas a la práctica ingenieril no emergen como principios universales compartidos por toda la sociedad, sino como comunicaciones que se producen y circulan en la intersección entre distintos sistemas funcionales y organizaciones específicas.

En este sentido, la *diferenciación funcional* ofrece el marco conceptual que permite observar cómo una organización universitaria, como la Facultad de Minas, procesa expectativas provenientes de diversos sistemas sociales y las reespecifica en sus propias comunicaciones. La

ética, la responsabilidad profesional y las referencias al cuidado del medio ambiente se configuran así como productos comunicativos situados, cuya forma y relevancia dependen de las condiciones estructurales de la sociedad moderna y de los acoplamientos que la organización establece con su entorno sistémico.

3.1.2. Comunicación como operación básica de los sistemas sociales

En la teoría de los sistemas sociales, la *comunicación* constituye la operación elemental a partir de la cual se produce y reproduce la sociedad. La sociedad moderna se define, en consecuencia, como un sistema social que consiste exclusivamente en comunicaciones y que solo puede continuar su propia operación mediante nuevas comunicaciones. Desde esta perspectiva, la *comunicación* no aparece como un medio para transmitir significados entre sujetos, sino como una operación autónoma que enlaza selectivamente información, expresión y comprensión, generando conexiones que permiten la continuidad del sistema social (Luhmann, 2006).

Luhmann sostiene que la *comunicación* se configura como una unidad de tres selecciones: información, la forma de expresarla y la comprensión. Esta última resulta decisiva, en tanto posibilita que una *comunicación* sea retomada por comunicaciones posteriores, independientemente de las intenciones subjetivas de quienes participan en ella. De este modo, la comprensión no implica consenso ni acuerdo, sino la posibilidad de que la *comunicación* sea aceptada como base para nuevas operaciones comunicativas. La sociedad, entendida como sistema, se produce en esta concatenación de selecciones comunicativas que generan sentido y reducen complejidad (Luhmann, 2006).

Desde este enfoque, los individuos no constituyen los elementos del sistema social, sino su entorno. Los sistemas psíquicos y los sistemas sociales operan de manera autónoma, cada uno mediante su propia forma de reproducción: la conciencia en el caso de los primeros y la *comunicación* en el caso de los segundos. Esta diferenciación permite comprender que los procesos sociales no se explican a partir de estados mentales, motivaciones o valores individuales, sino a partir de las conexiones comunicativas que se estabilizan en el tiempo. La *comunicación*, así entendida, adquiere un carácter estrictamente operativo y autorreferencial, en la medida en que solo la *comunicación* puede producir *comunicación* (Luhmann, 2006).

La centralidad de la *comunicación* como operación del sistema social tiene implicaciones metodológicas directas para la investigación sociológica. Observar la sociedad supone observar comunicaciones, es decir, identificar cómo se seleccionan ciertos temas, problemas y expectativas, y cómo estas selecciones se enlazan con otras dentro de un horizonte de sentido compartido. En este marco, conceptos como ética, responsabilidad, sostenibilidad o sustentabilidad se abordan como formas específicas de *comunicación* que adquieren relevancia cuando logran insertarse en cadenas comunicativas estables, orientando decisiones y expectativas dentro de organizaciones y sistemas funcionales.

En el contexto de esta investigación, la Facultad de Minas se observa como una organización que opera mediante comunicaciones propias, articuladas con las comunicaciones del sistema universitario y con expectativas provenientes de otros sistemas sociales. Las comunicaciones éticas en torno a la ingeniería se entienden, entonces, como operaciones que permiten al sistema organizar su autodescripción, orientar su práctica formativa y estabilizar criterios de legitimidad profesional. Esta aproximación resulta coherente con la concepción luhmanniana de la sociedad como un sistema autopoiético de comunicaciones, en el cual el sentido emerge de la conexión recursiva entre operaciones comunicativas y se transforma históricamente en función de las estructuras que el propio sistema produce (Luhmann, 2006).

3.1.3. Sistema y entorno

La distinción *sistema*/*entorno* ocupa un lugar central en la teoría de los sistemas sociales y constituye el punto de partida para la observación de la sociedad moderna y de sus formas de diferenciación. Desde esta perspectiva, todo sistema social se constituye mediante la producción de una diferencia que separa sus propias operaciones de aquello que queda fuera de ellas (Luhmann, 2006).

Esta diferencia no se concibe como una separación espacial ni como una frontera empírica entre entidades dadas, sino como una operación que permite al *sistema* referirse a sí mismo y, simultáneamente, diferenciar aquello que no pertenece a su propio ámbito operativo. El *sistema* se produce y se mantiene en la medida en que reproduce continuamente esta diferencia (Luhmann, 2006). De este modo, la unidad del *sistema* se define por sus propias operaciones, mientras que el

entorno se configura como un horizonte de posibilidades que el *sistema* observa y selecciona desde sus propios criterios internos.

Desde esta formulación, el *entorno* no aparece como un conjunto indiferenciado de factores externos, sino como una construcción relativa al *sistema* que observa. Cada *sistema* delimita su *entorno* de acuerdo con su propia forma de operación y con las distinciones que le resultan relevantes. La relación entre *sistema* y *entorno* adquiere así un carácter estructuralmente asimétrico: el *sistema* reduce la complejidad del *entorno* mediante selecciones comunicativas, mientras que el *entorno* permanece siempre más complejo que el *sistema* mismo (Luhmann, 2006).

Esta comprensión resulta fundamental para el análisis de organizaciones como la Facultad de Minas. En tanto *sistema* organizacional, la Facultad se constituye a partir de decisiones y comunicaciones propias, al tiempo que observa su *entorno* a través de referencias a otros *sistemas* sociales funcionalmente diferenciados, como la ciencia, la economía, la política y la educación. Estas referencias no ingresan al *sistema* como determinaciones externas, sino que son procesadas selectivamente según las estructuras y programas organizacionales disponibles.

La distinción *sistema*/*entorno* permite, así, observar cómo la Facultad construye sus propias orientaciones éticas en relación con expectativas provenientes de su *entorno*, sin disolver su autonomía operativa. Las comunicaciones éticas que emergen en su interior se comprenden como resultados de este procesamiento selectivo, mediante el cual la organización traduce complejidad externa en criterios internos de orientación profesional y académica. Desde esta perspectiva, la evolución de dichas comunicaciones se analiza como un proceso histórico de diferenciación y reespecificación que se despliega en el marco de una sociedad funcionalmente diferenciada.

3.1.4. Organización como sistema social

Dentro de la teoría de los sistemas sociales, las organizaciones constituyen un tipo específico de sistema social caracterizado por la producción y reproducción de comunicaciones bajo la forma de decisiones. A diferencia de otros sistemas sociales, la *organización* se define por su capacidad para generar decisiones vinculantes que regulan la pertenencia, orientan las expectativas internas y estabilizan cursos de acción a lo largo del tiempo. En este sentido, la *organización* se reproduce autopoiéticamente mediante cadenas recursivas de decisiones, en las

cuales cada decisión remite a decisiones previas y habilitas decisiones posteriores, configurando un entramado comunicativo que reduce y reconfigura la complejidad social (Luhmann, 2006).

Uno de los rasgos centrales de la *organización* es el principio de *membresía*. La pertenencia organizacional se encuentra condicionada por decisiones de inclusión y permanencia, y se estructura en torno a roles formales que delimitan expectativas de comportamiento y participación. Esta forma de inclusión permite a la *organización* operar con racionalidad limitada, distribuir funciones, establecer jerarquías internas y diferenciar responsabilidades, sin requerir la implicación total de la persona. De este modo, la *organización* gestiona la doble contingencia propia de la interacción social mediante estructuras decisionales que estabilizan la comunicación y hacen posible la coordinación de acciones complejas (Luhmann, 2006).

Luhmann (2006) subraya que las organizaciones ocupan una posición singular en la sociedad funcionalmente diferenciada, en la medida en que "son los únicos sistemas sociales que pueden comunicarse con su entorno" (p. 661). Esta capacidad las convierte en instancias clave para articular referencias provenientes de distintos sistemas funcionales, traduciéndolas en decisiones organizacionalmente procesables. Desde este marco teórico, la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia puede comprenderse como una *organización* perteneciente al sistema educativo, dotada de una membresía claramente delimitada (estudiantes, docentes y personal administrativo), estructuras jerárquicas formales y procedimientos institucionalizados de toma de decisiones. Las decisiones relativas a planes de estudio, políticas académicas, investigación y extensión constituyen operaciones comunicativas que reproducen la *organización* y al mismo tiempo reespecifican sus orientaciones internas frente a expectativas provenientes del entorno.

Esta conceptualización resulta central para la presente investigación, en la medida en que permite observar cómo las comunicaciones éticas se articulan y estabilizan a través de decisiones organizacionales. La incorporación de contenidos, la formulación de lineamientos institucionales o la creación de programas académicos especializados pueden comprenderse como decisiones que reconfiguran las autodescripciones de la *organización* y contribuyen a la estabilización de expectativas profesionales en el campo de la ingeniería. Así, la Facultad de Minas se configura como un nodo decisional en el que convergen acoplamientos estructurales con distintos sistemas sociales y desde el cual se producen comunicaciones con efectos organizacionales duraderos.

En este sentido, la *organización* aparece como un sistema social autorreferencial que gestiona la complejidad de la sociedad moderna mediante la producción continua de decisiones, operando como intermediaria entre el sistema educativo y otros sistemas funcionales, y generando las condiciones comunicativas para la emergencia, transformación y estabilización de orientaciones éticas en la formación profesional de la ingeniería.

3.1.5. Observación y observación de segundo orden

La noción de *observación de segundo orden* ocupa un lugar central en la teoría de los sistemas sociales de Luhmann y resulta decisiva para el enfoque teórico–metodológico de esta investigación. Luhmann (2006) define la observación como una operación que introduce una distinción y señala uno de sus lados, de modo que toda observación implica simultáneamente un punto ciego constituido por aquello que queda del otro lado de la distinción. Sobre esta base, la *observación de segundo orden* se configura como la observación de observaciones, es decir, como la operación mediante la cual un sistema observa cómo otros sistemas, o el propio sistema, construyen sus distinciones y producen sentido.

Desde esta perspectiva, la *observación de segundo orden* permite desplazar el foco desde los objetos observados hacia las formas de observación mismas. Luhmann (1998) señala que este tipo de observación posibilita identificar las contingencias inscritas en toda producción de sentido, en la medida en que hace visible que lo observado podría haber sido observado de otra manera, mediante otras distinciones. La realidad social se presenta así, como el resultado de operaciones observacionales históricamente situadas, y no como un conjunto de hechos dados con independencia de los esquemas de observación que los producen.

Aplicada al análisis de sistemas sociales, la *observación de segundo orden* permite describir cómo los sistemas se autodescriben y cómo describen su entorno, revelando las selecciones que estructuran dichas descripciones. En este sentido, Luhmann (2006) destaca que la sociología, entendida como ciencia de la sociedad, opera necesariamente como una forma de observación de segundo orden, en tanto observa las operaciones mediante las cuales la sociedad se observa a sí misma. Esta posición implica que el análisis sociológico no adopta una perspectiva externa o privilegiada, sino que se reconoce como una observación situada que observa otras observaciones.

En el marco de esta investigación, la *observación de segundo orden* orienta el análisis de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas al permitir examinar cómo la organización observa y tematiza su propia práctica profesional, sus responsabilidades y sus relaciones con el entorno. Documentos institucionales, planes de estudio, manifiestos, programas académicos y tesis doctorales son tratados como observaciones organizacionales mediante las cuales la Facultad introduce distinciones específicas para dar sentido a problemas como el desarrollo, el ambiente, la sostenibilidad o la sustentabilidad. El interés analítico se dirige, por tanto, a reconstruir las distinciones que estructuran estas comunicaciones y a describir cómo dichas distinciones se transforman a lo largo del tiempo.

Asimismo, la *observación de segundo orden* resulta clave para comprender los procesos de cambio y estabilización comunicativa. Al observar cómo la Facultad observa las expectativas provenientes de otros sistemas sociales se hace posible identificar los mecanismos mediante los cuales ciertas problematizaciones éticas adquieren relevancia organizacional y se traducen en decisiones, programas y orientaciones formativas. De este modo, el análisis se centra en la forma en que la organización reespecifica sus autodescripciones éticas frente a un entorno crecientemente complejo, atendiendo a la contingencia y a la historicidad de dichas operaciones observacionales.

En coherencia con la teoría de los sistemas sociales, esta investigación asume que la *observación de segundo orden* constituye una herramienta conceptual que permite abordar la evolución de las comunicaciones éticas sin recurrir a explicaciones causales lineales ni a supuestos normativos previos. La ética emerge así como un campo de observación construido comunicativamente por la organización, cuyas transformaciones pueden ser analizadas a partir de las distinciones que orientan sus propias observaciones en distintos momentos históricos.

3.1.6. Evolución, variación, selección y estabilización

En la teoría de los sistemas sociales, la *evolución* constituye un concepto central para comprender los procesos de transformación de la sociedad moderna y de sus sistemas parciales. Luhmann (2006) concibe la evolución como un proceso comunicativo que opera mediante la articulación de tres mecanismos interrelacionados: *variación*, *selección* y *estabilización*. Esta tríada permite observar el cambio social sin recurrir a modelos teleológicos ni a explicaciones lineales, atendiendo a la contingencia propia de los sistemas complejos.

La *evolución* se caracteriza por su carácter no planificado y por la producción constante de posibilidades comunicativas. En este sentido, Luhmann (2006) señala que "la *evolución* no hace grandes saltos de improviso; aunque, observando retrospectivamente, los resultados a veces pueden interpretarse de esa manera" (p. 365). Lo decisivo del proceso evolutivo radica en la generación masiva de *variaciones* que incrementan el potencial de transformación del sistema. Estas *variaciones*, en su mayoría, desaparecen sin dejar huella, pero su proliferación crea condiciones para que algunas encuentren apoyo recíproco y se articulen de manera contingente. Tal como afirma el autor, la *evolución* "presupone que se efectúa una producción masiva de material rico en potencial evolutivo que generalmente desaparece luego, sin ser utilizado" (Luhmann, 2006, p. 365).

Desde esta perspectiva, la *evolución* opera como una forma de segundo nivel, es decir, como una forma que articula otras formas (Luhmann, 2006). Esta formulación resulta fundamental para la investigación, ya que permite observar el cambio ético en la Facultad de Minas como un proceso estructurado por diferencias operativas, y no como una sucesión cronológica de etapas predefinidas.

Una condición básica del proceso *evolutivo* consiste en la separación funcional entre los dispositivos de la *variación* y los dispositivos de la *selección*. Luhmann (2006) subraya que la "condición básica de toda evolución es, por lo tanto, que los dispositivos de la *variación* y los dispositivos de la *selección* no coincidan, sino que permanezcan separados" (p. 374). Esta separación asegura que las *variaciones* puedan emerger sin quedar inmediatamente absorbidas o neutralizadas por las estructuras existentes, manteniendo abierta la posibilidad de transformación.

En términos operativos, la *variación* se refiere a la emergencia de nuevas comunicaciones dentro del sistema, mientras que la *selección* actúa sobre las estructuras que organizan expectativas y orientan la continuidad comunicativa: "la variación, a los elementos, es decir a las comunicaciones particulares; la selección en cambio, a las estructuras, es decir, a la formación y al manejo de expectativas" (Luhmann, 2006, p. 375). Esta distinción permite observar cómo determinadas comunicaciones éticas, inicialmente contingentes, pueden adquirir relevancia estructural cuando son *seleccionadas* y articuladas con expectativas organizacionales.

La *estabilización* constituye el momento en el cual ciertas *selecciones* logran reproducirse de manera recurrente, adquiriendo una relativa durabilidad en el tiempo. En este punto, las comunicaciones *seleccionadas* dejan de operar como eventos aislados y pasan a formar parte de estructuras que orientan decisiones futuras. En el marco de esta investigación, la *estabilización*

resulta clave para comprender cómo determinadas semánticas éticas logran consolidarse en la Facultad de Minas, estructurando criterios de orientación profesional y académica frente a la complejidad socioambiental.

Desde este enfoque, la evolución de las comunicaciones éticas en la organización se observa como un proceso contingente y relacional, en el que *variaciones* provenientes del entorno y del propio sistema organizacional son sometidas a procesos de *selección* estructural y, en algunos casos, alcanzan niveles de *estabilización* que reconfiguran las expectativas sobre la responsabilidad profesional del ingeniero. Este marco conceptual ofrece así una base teórica sólida para analizar la transformación ética sin reducirla a narrativas lineales de progreso ni a simples respuestas adaptativas frente a cambios externos.

3.1.7. Acoplamientos estructurales y relaciones intersistémicas

El concepto de *acoplamiento estructural* permite describir la forma en que sistemas socialmente diferenciados se relacionan de manera estable sin perder su autonomía operativa. Cada sistema produce y reproduce sus propias operaciones mediante un cierre operativo específico; sin embargo, esta clausura no implica aislamiento, sino la posibilidad de establecer relaciones duraderas con otros sistemas a través de estructuras que hacen posible la mutua irritación (Luhmann, 2006).

Desde esta perspectiva, los sistemas sociales no intercambian operaciones ni contenidos, sino que desarrollan estructuras propias que reaccionan selectivamente a las perturbaciones del entorno. El *acoplamiento estructural* opera, así, como una condición de posibilidad para que los sistemas puedan orientarse recíprocamente sin disolver sus diferencias funcionales. En palabras de Luhmann (1998) los sistemas sólo pueden reaccionar a su entorno mediante sus propias estructuras lo que implica que toda relación intersistémica se realiza bajo condiciones internas previamente estabilizadas.

Un ejemplo de este tipo de relación lo constituye el *acoplamiento* entre el sistema educativo y el sistema de la ciencia, cuya forma organizativa central es la universidad. Luhmann (2006) describe este proceso señalando que ambos sistemas se articulan históricamente a través de la organización universitaria, configurando una comunidad estructurada en torno a la investigación y la enseñanza. En este marco, “el sistema de la ciencia y el sistema educativo se acoplan con la

forma de organización de las universidades" (p. 622), lo que permite la coexistencia de dos lógicas operativas distintas: la producción de conocimiento científico y la transmisión pedagógica del saber.

Este acoplamiento no elimina la diferencia funcional entre ciencia y educación, sino que la hace operativa dentro de una estructura organizacional común. La investigación continúa orientándose por el código verdadero/falso, mientras que la enseñanza se organiza en torno a criterios pedagógicos y formativos. La universidad actúa como un espacio en el que ambos sistemas se condicionan estructuralmente, generando efectos recíprocos sobre las publicaciones científicas, los currículos, las formas de evaluación y los procesos de profesionalización, sin que ello suponga una fusión de operaciones (Luhmann, 2006).

Desde el punto de vista de las relaciones intersistémicas, las organizaciones ocupan un lugar específico, ya que constituyen los sistemas sociales capaces de establecer comunicaciones directas con su entorno. A diferencia de los sistemas funcionales, que operan de manera altamente abstracta, las organizaciones desarrollan estructuras decisionales que les permiten traducir expectativas externas en programas internos. En este sentido, los *acoplamientos estructurales* se realizan frecuentemente a través de organizaciones, que funcionan como puntos de conexión entre distintos sistemas sociales sin suspender su clausura operativa (Luhmann, 2006).

3.1.8. Semántica y cambio semántico

En la teoría de los sistemas sociales, la *semántica* ocupa un lugar central como dimensión reflexiva de la comunicación social. Luhmann (2006) concibe la *semántica* como el conjunto de formas de sentido generalizadas que una sociedad pone a disposición para orientar la comunicación, estabilizar expectativas y hacer observables determinadas distinciones relevantes en contextos históricos específicos. La *semántica* cumple así una función estructurante: permite que ciertas comunicaciones se reconozcan como pertinentes, inteligibles y legítimas dentro de un sistema social determinado.

Desde esta perspectiva, la *semántica* no constituye un simple repertorio de conceptos o ideas, sino un acervo históricamente sedimentado de descripciones mediante las cuales la sociedad se observa a sí misma. Estas descripciones condensan experiencias sociales previas y ofrecen esquemas interpretativos que facilitan la reproducción de la comunicación en condiciones de

complejidad creciente. Así, la *semántica* actúa como una suerte de memoria de la comunicación social, en la medida en que conserva formas de sentido que pueden ser reactivadas, reinterpretadas y reespecificadas en nuevos contextos (Luhmann, 2006).

El cambio *semántico* se vincula estrechamente con los procesos evolutivos de la sociedad. A medida que se intensifica la diferenciación funcional y se incrementa la complejidad del entorno, las *semánticas* disponibles experimentan desplazamientos que permiten observar y procesar nuevas problemáticas. Estos desplazamientos responden a procesos de rearticulación en los que antiguas formas de sentido se combinan con nuevas distinciones, ampliando el horizonte de lo comunicable. Luhmann (2006) señala que las transformaciones *semánticas* acompañan los cambios estructurales de la sociedad, proporcionando esquemas de observación adecuados a nuevas configuraciones sistémicas.

En la sociedad moderna, las *semánticas* tienden a especializarse en relación con los distintos sistemas sociales. Cada sistema desarrolla formas *semánticos* que resultan congruentes con su función y su código operativo, aunque estas *semánticas* mantienen resonancias con otras esferas de la sociedad. En este sentido, la *semántica* actúa como un punto de contacto entre la clausura operativa de los sistemas y la necesidad de producir comunicaciones comprensibles en un entorno social compartido. Esta función resulta especialmente relevante en organizaciones, donde las *semánticas* permiten articular expectativas provenientes de distintos sistemas funcionales en formas comunicativamente estabilizables (Luhmann, 2006).

Aplicado al campo de la educación superior y, en particular, a la ingeniería, el análisis *semántico* permite observar cómo determinadas orientaciones éticas se vuelven comunicables y operativas en distintos momentos históricos. Las referencias a la “virtud”, al “deber”, a la “eficiencia técnica”, al “desarrollo”, a la “sostenibilidad” o a la “sustentabilidad” constituyen ejemplos de *semánticas* que, en contextos diferenciados, orientan la autoobservación de la práctica profesional. Estas *semánticas* no emergen de manera aislada, sino en paralelo con transformaciones en los sistemas de la ciencia, la política, la economía y la educación, que introducen nuevas expectativas sobre el sentido y los límites de la intervención ingenieril.

Desde la teoría de sistemas, el análisis del cambio *semántico* permite comprender que las transformaciones éticas observables en una organización educativa expresan ajustes en las formas de autoobservación disponibles para procesar complejidad. La ética, cuando se articula semánticamente, ofrece esquemas que hacen posible tematizar problemas de responsabilidad,

riesgo y consecuencias de la acción técnica, integrándolos a la comunicación organizacional. En este marco, la emergencia de *semánticas* asociadas al cuidado del entorno y de la vida puede ser comprendida como una reconfiguración *semántica* mediante la cual la organización observa su propia función en una sociedad funcionalmente diferenciada.

Este enfoque resulta decisivo para la presente investigación, en la medida en que permite analizar la evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas como un proceso de cambio *semántico* históricamente situado. Al atender a las transformaciones en las formas de sentido que orientan la práctica ingenieril, el análisis se centra en cómo la organización reespecifica sus autodescripciones éticas en relación con nuevas problematizaciones sociales, científicas y ambientales, mostrando que la ética opera como una semántica reflexiva que acompaña y estructura la evolución de la ingeniería en la sociedad moderna (Luhmann, 2006).

3.1.9. Modernización

Desde la perspectiva de Luhmann, la *modernidad* no debe comprenderse como una etapa histórica culminada ni como un ideal normativo hacia el cual las sociedades avanzan progresivamente, sino como una forma específica de autodescripción propia de sociedades caracterizadas por un alto grado de diferenciación funcional. La sociedad moderna ya opera estructuralmente mediante sistemas funcionales autónomos, cada uno de los cuales reproduce sus operaciones a partir de códigos propios. Sin embargo, esta estructura no se acompaña de una semántica estabilizada que permita a la sociedad describirse a sí misma como plenamente *moderna*. Por el contrario, la *modernidad* se observa reiteradamente como un proyecto incompleto, como una condición que “todavía no” se ha alcanzado (Luhmann, 2006).

Esta paradoja ocupa un lugar central en la teoría luhmanniana: la sociedad moderna se define a sí misma mediante la expectativa de *modernización* permanente. La *modernización* aparece así como un horizonte móvil, imposible de clausurar, que solo puede existir en una sociedad capaz de observar sus propias limitaciones de coordinación y control. En este sentido, la modernización no designa un proceso lineal de superación del atraso, sino una semántica reflexiva que tematiza la distancia entre las capacidades operativas de los sistemas y las expectativas que la sociedad proyecta sobre sí misma (Luhmann, 2006).

Esta comprensión permite explicar por qué el concepto de *modernización* suele presentarse como un significante amplio y poco determinado, asociado a nociones como "progreso", "desarrollo", "racionalización" o "eficiencia", sin anclarse en un modelo societal estable. Los grandes proyectos de *modernización* del siglo XX ilustran este problema. Tanto las experiencias de planificación centralizada como los intentos de "alcanzar" modelos de desarrollo externos partieron del supuesto de que la sociedad podía ser dirigida de manera unificada. Desde la teoría de sistemas, estos proyectos resultan conceptualmente problemáticos, pues desconocen que los sistemas funcionales no pueden ser subordinados de forma duradera a fines externos sin perder su capacidad operativa.

En este marco, Luhmann (2006) sostiene que la *modernización* no puede concebirse como un proyecto político ni como una estrategia de intervención global sobre la sociedad. La transformación efectiva de la sociedad moderna ocurre, más bien, a través del modo en que los sistemas funcionales gestionan las tensiones derivadas de su autonomía recíproca. Las discrepancias sistémicas no constituyen fallas del sistema, sino condiciones estructurales de una sociedad compleja que debe aprender a procesar contingencias, riesgos y paradojas. Desde esta perspectiva, el concepto clásico de *modernización* resulta insuficiente para explicar la dinámica real de la sociedad moderna, en la medida en que oculta la lógica operativa de los sistemas y proyecta expectativas que no pueden ser satisfechas.

Esta problematización resulta particularmente relevante para el análisis de la Facultad de Minas. El corpus documental examinado en esta investigación recurre de manera reiterada al término *modernización* para describir procesos de transformación institucional, reorganización administrativa, actualización curricular, adopción de tecnologías o alineación con estándares científicos internacionales. En planes de desarrollo, reformas educativas y documentos internos, la *modernización* funciona como una autodescripción organizacional que pretende condensar múltiples cambios bajo una expectativa de avance y adecuación.

Desde el enfoque luhmanniano, dichas referencias no se interpretan como explicaciones sociológicas del cambio, sino como semánticas mediante las cuales la organización observa y legitima sus propias decisiones. La Facultad de Minas, en coherencia con los procesos de *modernización* estatal y de diferenciación del sistema educativo nacional, se describe a sí misma como una organización que se expande, se especializa y se inserta en circuitos de alcance global. Esta autodescripción no refleja un tránsito hacia un estado ideal, sino un mecanismo de reducción

de complejidad que permite a la organización orientarse en un entorno crecientemente diferenciado.

En este sentido, la globalización no aparece como un proceso externo que "impacta" a la Facultad, sino como una condición estructural de la sociedad moderna que se expresa en la forma de redes científicas, estándares académicos, lenguajes técnicos y expectativas profesionales transnacionales. La referencia a lo global opera como una semántica que refuerza la legitimidad de determinadas decisiones organizacionales, por ejemplo, la reorganización disciplinar, la creación de programas de posgrado o la incorporación de nuevos criterios de evaluación, sin que ello implique la pérdida de autonomía operativa.

Por consiguiente, a lo largo de esta investigación, el concepto de *modernización* será utilizado en un doble registro analítico. Por un lado, se empleará para dar cuenta del lenguaje de las fuentes, respetando las autodescripciones con las que los actores institucionales observan sus procesos de transformación. Por otro lado, desde la teoría de sistemas sociales, la *modernización* será comprendida como una semántica reflexiva que encubre la complejidad real de la sociedad moderna y de sus organizaciones. Esta distinción permite evitar una lectura teleológica del cambio institucional y prepara el terreno para analizar cómo, en este contexto de expansión, diferenciación y globalización, emerge y se estabiliza una comunicación ética específica en la Facultad de Minas.

3.1.10. Globalización y sociedad mundial

Desde la teoría de sistemas sociales, los conceptos de *modernización* y *globalización* solo pueden comprenderse adecuadamente si se inscriben en el marco de la *sociedad mundial (Weltgesellschaft)*. Este concepto no remite a un ideal normativo, a un proyecto político ni a un estadio futuro de integración armónica, sino a una realidad estructural ya realizada, producida por la evolución de la comunicación. Para Luhmann (2006), no existen múltiples sociedades coexistiendo en paralelo, sino una sola sociedad: aquella que coincide con el límite de toda comunicación posible. En este sentido, la sociedad no se organiza territorialmente, ni se define por Estados nacionales, sino por la capacidad de las comunicaciones de conectarse entre sí a escala global.

La emergencia de la *sociedad mundial* está directamente vinculada al proceso de diferenciación funcional. Solo cuando sistemas como la economía, la ciencia, la política, el derecho

o la educación se autonomizan operativamente y comienzan a operar con códigos propios (pago/no pago, verdadero/falso, poder/oposición, legal/ilegal) se vuelve imposible restringir sus operaciones a marcos territoriales específicos. Estos sistemas están estructuralmente orientados al universalismo y, por ello, tienden a la *globalización* no como resultado de decisiones políticas o económicas, sino como consecuencia de su propia lógica operativa. La ciencia, por ejemplo, es global no por cooperación internacional, sino porque la validez de la verdad científica no admite fronteras; del mismo modo, el dinero, la tecnología, la información y los criterios educativos circulan más allá de los límites nacionales.

En este contexto, la *globalización* no debe entenderse como un fenómeno primariamente económico o tecnológico, sino como la forma estructural que adopta la sociedad moderna al operar como *sociedad mundial*. Ello no implica integración ni armonización, sino, por el contrario, un aumento radical de la complejidad, la desigualdad y el desacoplamiento. La *sociedad mundial* no constituye una unidad cultural o política, sino una unidad comunicativa profundamente descentrada, atravesada por divergencias, conflictos y asimetrías. Los sistemas funcionales se *globalizan*, pero lo hacen produciendo efectos regionales altamente diferenciados, en los que se combinan, se amplifican o se bloquean mutuamente.

Desde esta perspectiva, los Estados nacionales dejan de ser el marco constitutivo de la sociedad y pasan a ocupar la posición de organizaciones del sistema político dentro de una sociedad cuyo entorno se ha vuelto mundial. Ningún Estado controla plenamente su economía, la circulación del conocimiento científico, el desarrollo tecnológico o los flujos de información (Luhmann, 2006). Todos operan insertos en sistemas funcionales *globales* que desbordan su capacidad de regulación. Esta situación redefine de manera decisiva las formas de inclusión y exclusión: aunque la diferenciación funcional promete una inclusión universal (todos pueden educarse, participar del mercado, acceder al derecho), en la práctica son las organizaciones las que determinan quién accede efectivamente y en qué condiciones. Así, la exclusión ya no opera por pertenencia estamental o territorial, sino por desconexión funcional.

La *sociedad mundial* implica, además, nuevas formas de riesgo y contingencia. Las interdependencias *globales* producen problemas que no pueden resolverse localmente (como las crisis ecológicas, económicas, sanitarias) y hacen que decisiones tomadas en un punto del sistema tengan efectos imprevisibles en otros. La comunicación *mundial* tiende a la simultaneidad, lo que vuelve incontrolable la totalidad del sistema y excluye cualquier posibilidad de dirección

centralizada. En este sentido, la *globalización* no conduce a una sociedad más gobernable, sino a una sociedad estructuralmente expuesta a la incertidumbre.

Este marco resulta fundamental para comprender el proceso de *modernización* y expansión de la educación superior y, en particular, de organizaciones como la Facultad de Minas. La universidad moderna no opera únicamente en referencia al Estado nacional, sino bajo expectativas *globales* asociadas al sistema ciencia, a la producción de conocimiento, a la evaluación académica, a la estandarización de la formación y, más recientemente, a semánticas transversales como la sostenibilidad y la sustentabilidad. Los acoplamientos entre Estado, educación, economía y ciencia que esta investigación identifica se reconfiguran necesariamente en el horizonte de la *sociedad mundial*, donde las presiones ya no provienen solo de políticas nacionales, sino de dinámicas *globales* de validación, comparación y legitimación.

Desde esta perspectiva, la *modernización* de la Facultad de Minas puede interpretarse como una forma de autoreferencia organizacional mediante la cual la organización observa su posición dentro de una *sociedad mundial* funcionalmente diferenciada y traduce esas observaciones en decisiones internas: reformas curriculares, reorganización administrativa, adopción de estándares científicos, inserción en redes académicas internacionales. Estas decisiones responden a la necesidad de sostener la operatividad organizacional en un entorno *global* altamente complejo.

Así, los conceptos de *modernización* y *globalización*, lejos de describir trayectorias lineales o proyectos normativos, remiten en esta investigación a semánticas mediante las cuales la organización procesa su inserción en la *sociedad mundial*. La Facultad de Minas no se moderniza porque alcance un estado final deseable, sino porque debe continuamente reajustar sus estructuras frente a las tensiones producidas por sistemas funcionales globales que operan con lógicas propias. Este encuadre permite comprender por qué la estabilización de comunicaciones éticas asociadas al cuidado del medio ambiente no puede explicarse únicamente como una decisión local o moral, sino como parte de una dinámica *global* que reconfigura las expectativas científicas, educativas y profesionales en la sociedad mundial.

3.1.11. Ética como forma de comunicación

En la teoría de los sistemas sociales de Luhmann, la *ética* se comprende como una forma específica de comunicación que surge en el marco de la diferenciación funcional de la sociedad

moderna. Su función no consiste en establecer reglas universales de conducta ni en coordinar directamente la acción social, sino en tematizar expectativas morales bajo condiciones de alta complejidad social. En este sentido, Luhmann (2006) señala que "una moral enteramente desarrollada es un mecanismo ya muy complicado de coordinación social y no es en absoluto […] una aplicación de reglas que pudieran estar fundamentadas racionalmente" (p. 189). La *ética* emerge así como una reflexión sobre la moral, orientada a observar y problematizar las condiciones bajo las cuales los individuos y las organizaciones se aprecian o se menosprecian a sí mismos y a los otros.

En la sociedad moderna, esta forma de comunicación se caracteriza por la individualización de la referencia moral. Luhmann (2006) observa que la moral se orienta crecientemente hacia la convicción interior y la automotivación, diferenciándose tanto de la religión como del derecho. Esta transformación semántica explica que, en múltiples ámbitos sociales, se reclame una *ética* específica para profesiones, disciplinas y campos de acción diferenciados: economía, política, medicina, periodismo o ecología. Se consolida así una ética individualizada que declara principios y valores como *éticos*, aun cuando estas formulaciones no aborden directamente los problemas de coordinación social entre múltiples perspectivas morales.

Desde esta perspectiva, la *ética* no se distingue de otras formas de comunicación por el tipo de reglas que formula, sino por el modo en que utiliza el médium moral. Luhmann (2006) precisa que "la comunicación moral […] se hace de su médium refiriéndose a las condiciones bajo las cuales los seres humanos se aprecian (o se menosprecian) a sí mismos y a los otros" (p. 310). En este plano, la *ética* opera como una observación de segundo orden que introduce distinciones valorativas en el sistema social, permitiendo tematizar conductas, decisiones y responsabilidades sin sustituir los códigos operativos de otros sistemas funcionales.

La *ética* adquiere, además, una función particular en la sociedad moderna al permitir que el sistema observe su propia negación. Luhmann (2006) sostiene que "bajo el nombre de ética, la sociedad se crea la posibilidad de introducir la negación del sistema en el sistema" (p. 317). Esta capacidad reflexiva pone de manifiesto la autonomía y la clausura operativa de los sistemas sociales, que logran integrar incluso comunicaciones críticas o problematizadoras dentro de su propia operación.

En este marco, la ética no cumple una función integradora universal frente a problemas complejos como los ecológicos (para el caso de esta investigación). Luhmann (2006) subraya que

las exigencias *éticas* dirigidas a decisiones individuales "difícilmente logran coordinación social efectiva, dada la simultaneidad y dispersión de las decisiones en la sociedad moderna" (633). Por ello, la ética opera más bien como una forma comunicativa que mantiene visible la problemática, funcionando como un "llamamiento" que estabiliza la atención sobre ciertos riesgos y tensiones.

La distinción entre *ética* y verdad adquiere aquí un papel central. Luhmann (2006) enfatiza que "las dudas éticas no pueden por cierto transformar la verdad en falsedad" (p. 596), lo que subraya que la ética constituye una comunicación diferenciada respecto del código verdadero/falso propio de la ciencia. En el transcurso del siglo XIX, esta diferenciación se depura progresivamente, universalizándose la semántica de la validez científica en paralelo a la del ser. En este proceso, los valores se desplazan hacia el ámbito de la individualidad, mientras que la ciencia se consolida como instancia legitimadora de la verdad mediante teorías, métodos y criterios de validez propios (Luhmann, 2006)

Este desplazamiento resulta clave para comprender la evolución de las comunicaciones éticas en la ingeniería y, en particular, en la Facultad de Minas. En la medida en que la ingeniería se consolida como disciplina científica especializada, la *ética* profesional deja de apoyarse exclusivamente en valores morales heredados y comienza a articularse en relación con criterios de validez científica. La sostenibilidad y la sustentabilidad operan así como semánticas integradas a las comunicaciones *éticas* que encuentran su legitimación en el acoplamiento con el sistema ciencia, donde las consideraciones ambientales se integran como condiciones de aceptabilidad de la intervención técnica.

Desde esta óptica, la *ética* profesional que integra la semántica de la sostenibilidad y la sustentabilidad no se presenta como una *ética* universal ni como un sistema normativo autónomo. Se configura como una comunicación situada que adquiere relevancia en la medida en que se integra a semánticas compartidas por múltiples sistemas y organizaciones. En el caso de la Facultad de Minas, esta comunicación se institucionaliza progresivamente a través de estructuras organizacionales, regulaciones profesionales y programas formativos, transformándose en un criterio de pertenencia y reconocimiento dentro del campo de la ingeniería.

Finalmente, la *ética* puede comprenderse como un "espejo" que confronta a los individuos con lo que son de acuerdo con su posición social (Luhmann 2006). Cuando esta función reflexiva se traslada al plano organizacional, la *ética* deja de operar únicamente como autorreferencia individual y se inscribe en expectativas profesionales colectivas. Las profesiones cumplen aquí una

función decisiva, al establecer marcos de pertenencia dentro de los cuales los individuos reproducen patrones de individualidad socialmente reconocidos. De este modo, la *ética* se estabiliza como una forma de comunicación que orienta decisiones, delimita responsabilidades y permite a las organizaciones observar reflexivamente los efectos de su práctica en una sociedad funcionalmente diferenciada.

3.2 Enfoque metodológico

El diseño metodológico de esta investigación se fundamenta en la noción luhmanniana de observación de segundo orden, entendida como una forma de observación reflexiva mediante la cual se describen las distinciones que una organización utiliza para observarse a sí misma y para orientar sus comunicaciones frente a las expectativas generadas en su entorno. Desde esta perspectiva, la organización se concibe como un subsistema de comunicaciones autorreferencial que reespecifica sus orientaciones internas a partir de las selecciones que realiza al procesar dichas expectativas (Luhmann, 1998). La Facultad de Minas es analizada como una organización educativa que procesa selectivamente perturbaciones externas y las traduce en decisiones, programas y estructuras internas, generando orientaciones comunicativas que organizan la formación profesional y la producción de conocimiento en distintos momentos históricos. La observación se orienta, por tanto, a los desplazamientos semánticos mediante los cuales la organización ajusta sus autodescripciones profesionales y académicas en función de transformaciones en su entorno sistémico, particularmente en las relaciones entre educación, ciencia, Estado, economía. Estos desplazamientos se comprenden como procesos contingentes e históricamente situados, en los que determinadas problematizaciones asociadas a la sostenibilidad y la sustentabilidad logran estabilizarse y, en ciertos momentos, adquirir una traducción ética institucionalizada.

Esta forma de observación se operacionaliza empíricamente mediante el análisis de contenido en el sentido propuesto por Krippendorff (1997), entendido como una técnica de investigación orientada a la formulación de inferencias sistemáticas a partir de datos simbólicos sobre aspectos del contexto que no son directamente observables. Dicha técnica se incorpora en esta investigación como herramienta metodológica dentro de un diseño teórico-metodológico más amplio, fundamentado en la teoría de los sistemas sociales. En coherencia con la observación de

segundo orden, los documentos analizados no se tratan como fuentes de información factual ni como expresiones de intenciones individuales, sino como comunicaciones organizacionales a través de las cuales el sistema universitario produce y estabiliza sentido. El análisis de contenido se emplea así para reconstruir patrones de recurrencia, asociaciones semánticas y procesos de selección comunicativa, permitiendo inferir cómo la organización procesa comunicaciones y reconfigura sus orientaciones a lo largo del tiempo, sin recurrir a explicaciones causales externas ni a juicios normativos sobre los contenidos analizados.

3.2.1. Delimitación del objeto de observación

La delimitación del objeto de observación se orienta a reconstruir la evolución de las comunicaciones mediante las cuales la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia ha procesado, a lo largo del tiempo, problemáticas asociadas a la relación entre ingeniería, medio ambiente, intervención humana sobre la naturaleza y, de manera progresiva, sostenibilidad y sustentabilidad. El objeto no se define en términos de prácticas, decisiones individuales o resultados materiales, sino en términos de comunicaciones históricamente situadas, producidas tanto por la organización como por su entorno relevante.

Para la reconstrucción histórica de la organización, se recurrió a estudios académicos especializados sobre la trayectoria de la Facultad de Minas, particularmente los trabajos de *Alberto Mayor Mora (1984), José María Bravo (1987), Peter Santamaría (1994), Pamela Murray (2012) y Luis Javier Villegas (2016)*. Este material permitió establecer una base histórica que abarca desde 1886 hasta 2012, proporcionando un marco interpretativo para comprender la configuración organizacional y disciplinar sobre la cual se desarrollan posteriormente nuevas orientaciones comunicativas.

La observación de la variación se apoyó en comunicaciones provenientes del entorno global, tales como conferencias internacionales, cumbres, declaraciones, acuerdos multilaterales y otros eventos transnacionales en los que emergen y se consolidan nuevas problematizaciones sobre el medio ambiente, el desarrollo, la intervención humana sobre la naturaleza y la gestión de los recursos. Estas comunicaciones fueron consideradas relevantes en la medida en que introducen expectativas que, aunque externas a la organización, configuran un horizonte de sentido frente al cual el sistema universitario puede reaccionar selectivamente.

La observación de la selección se desarrolló a partir de comunicaciones del entorno nacional y del sistema universitario colombiano, incluyendo legislación, decretos, planes nacionales de desarrollo y documentos estratégicos de la Universidad Nacional de Colombia. Este conjunto de comunicaciones permitió identificar cuáles de las problematizaciones ambientales y de sostenibilidad provenientes del entorno global fueron tematizadas, reinterpretadas o incorporadas dentro del marco normativo y programático de la educación superior en el país.

Finalmente, la observación de la estabilización se centró en comunicaciones propias de la Facultad de Minas, tales como acuerdos, resoluciones, planes de estudio, informes de gestión y publicaciones institucionales. Este material hizo posible identificar la recurrencia, continuidad y formalización de determinadas orientaciones comunicativas que adquieren carácter estructurante, en la medida en que se integran a los dispositivos decisionales, curriculares y organizacionales de la Facultad.

De este modo, la delimitación del objeto no responde a un criterio exhaustivo ni acumulativo, sino a una selección funcional de comunicaciones que permite observar cómo determinadas problemáticas ambientales y formas de intervención sobre la naturaleza ingresan, son procesadas y se estabilizan en distintos niveles del sistema, en coherencia con una perspectiva sistémica centrada en la observación de procesos de variación, selección y estabilización comunicativa.

3.2.2. Organización del corpus y niveles de observación

Con el fin de hacer observable empíricamente la complejidad del objeto de estudio y ordenar de manera sistemática el material documental, el corpus se organizó en distintos niveles de observación, concebidos como sistemas parciales incluidos unos en otros. Esta organización retoma la noción luhmanniana de *jerarquía* como forma de diferenciación interna, entendida no en sentido causal o normativo, sino como una relación analítica de inclusión mediante la cual los sistemas parciales pueden diferenciar a su vez nuevos sistemas parciales, generando relaciones transitivas de observación (Luhmann, 1998).

Esta estructuración metodológica permite situar las comunicaciones analizadas según su inserción en distintos ámbitos organizacionales y sistémicos, sin suponer una jerarquía explicativa entre ellos. Los niveles de observación no se conciben como escalones causales, sino como planos

analíticos que hacen posible reconstruir cómo determinadas problematizaciones ambientales y formas de intervención sobre la naturaleza circulan, se transforman y adquieren relevancia en diferentes contextos comunicativos.

En un primer nivel, se observan las comunicaciones propias de la Facultad de Minas, consideradas en su dinámica organizacional específica. Este nivel incluye documentos mediante los cuales la Facultad define orientaciones curriculares, estructuras académicas, prioridades institucionales y formas de articulación entre formación, investigación y entorno. Estas comunicaciones permiten identificar procesos de estabilización interna y la manera en que ciertas problemáticas adquieren continuidad y operatividad organizacional.

En un segundo nivel, se analizan las comunicaciones de la Universidad Nacional de Colombia, en tanto organización más amplia que incluye y condiciona a la Facultad de Minas. En este plano se observan documentos estratégicos, normativos y programáticos que median la relación entre expectativas externas y las decisiones de las unidades académicas, permitiendo identificar procesos de selección comunicativa a nivel institucional.

En un tercer nivel, se incorporan comunicaciones del sistema educativo nacional, tales como leyes, decretos, políticas públicas y planes nacionales de desarrollo. Estas comunicaciones configuran un entorno normativo y programático que orienta, sin determinar causalmente, las posibilidades de acción y tematización de las organizaciones universitarias.

Finalmente, en un cuarto nivel, se consideran comunicaciones provenientes del entorno más amplio, entendidas como expectativas generadas en otros sistemas sociales funcionalmente diferenciados, como la ciencia, el Estado, la economía y los espacios transnacionales de producción normativa y cognitiva. Este nivel incluye conferencias internacionales, cumbres, declaraciones, acuerdos multilaterales y debates académicos globales en los que emergen y se consolidan problematizaciones sobre el medio ambiente, el desarrollo, la sostenibilidad y la intervención humana sobre la naturaleza.

La organización del corpus en estos niveles de observación no implica una reconstrucción exhaustiva de todos los flujos comunicativos posibles, sino una selección metodológicamente fundada en el análisis de contenido de Krippendorf, que permite observar cómo el sistema universitario, y en particular la Facultad de Minas, procesa comunicativamente su entorno bajo condiciones propias. De este modo, el diseño metodológico hace posible reconstruir la articulación

entre variación, selección y estabilización comunicativa, manteniendo la clausura operativa de cada sistema observado y evitando explicaciones causales lineales entre entorno y organización.

3.2.3. Definición de los datos y unidades de registro

Siguiendo la metodología de análisis de contenido propuesta por Krippendorff (1997), los datos de esta investigación se definen como el conjunto de materiales simbólicos disponibles para el analista, producidos en contextos organizacionales específicos, a partir de los cuales es posible formular inferencias sistemáticas sobre procesos comunicativos no directamente observables. En coherencia con este enfoque, los datos se conciben como comunicaciones socialmente producidas que condensan selecciones, orientaciones y expectativas propias de los sistemas en los que emergen.

En este sentido, el corpus documental está compuesto por comunicaciones formalizadas provenientes de distintos niveles sistémicos. Incluye, por una parte, comunicaciones organizacionales de la Facultad de Minas y de la Universidad Nacional de Colombia, tales como planes globales de desarrollo, planes de acción de sede, acuerdos, resoluciones, informes de gestión, lineamientos curriculares, programas académicos y publicaciones institucionales. Por otra parte, incorpora comunicaciones del entorno, entendidas como leyes, decretos, políticas públicas, planes nacionales de desarrollo, así como conferencias internacionales, cumbres, declaraciones, acuerdos multilaterales y documentos producidos en escenarios transnacionales. Asimismo, se consideran como datos investigaciones académicas sobre sostenibilidad, sustentabilidad, educación superior e historia de la educación, en tanto comunicaciones científicas que contribuyen a la estabilización y circulación de determinadas problematizaciones relevantes para el sistema universitario.

De acuerdo con Krippendorff (1997), en todo análisis de contenido debe hacerse explícita la forma en que los datos son definidos y delimitados. En esta investigación, los documentos no se tratan como fuentes de información factual ni como registros exhaustivos de hechos históricos, sino como operaciones comunicativas mediante las cuales distintos sistemas sociales producen sentido frente a problemáticas asociadas al medio ambiente, la intervención humana sobre la naturaleza, el desarrollo y la formación profesional en ingeniería. Esta definición permite observar

cómo ciertas referencias, conceptos y problematizaciones adquieren relevancia, se articulan entre sí y se reproducen en el tiempo.

En cuanto a las unidades de registro, estas se definen como los segmentos mínimos del material empírico a partir de los cuales se realiza el análisis sistemático (Krippendorff,1997). En coherencia con la advertencia de Krippendorff sobre la necesidad de utilizar unidades suficientemente ricas para contener co-ocurrencias significativas, la investigación no emplea palabras aisladas como unidades de registro, sino unidades textuales de mayor densidad semántica. Dependiendo del tipo de documento, las unidades de registro incluyen párrafos, apartados programáticos, objetivos estratégicos, líneas de acción, descripciones de proyectos, secciones curriculares y fragmentos comunicativos claramente delimitables.

Estas unidades permiten identificar la presencia, ausencia, recurrencia y asociación de referencias relacionadas con problemáticas ambientales, sostenibilidad, sustentabilidad, gestión de recursos naturales, desarrollo, riesgo y responsabilidad institucional. La elección de estas unidades responde a un criterio metodológico orientado a hacer observables patrones comunicativos, asociaciones semánticas y procesos de estabilización, más que a cuantificar contenidos aislados.

De este modo, la definición de los datos y de las unidades de registro establece el puente operativo entre el material empírico disponible y los objetivos inferenciales de la investigación. En coherencia con Krippendorff, esta delimitación constituye una condición necesaria para garantizar la trazabilidad del análisis, la coherencia de las inferencias y la posibilidad de justificar metodológicamente los resultados obtenidos en relación con el contexto organizacional y sistémico observado.

3.2.4. Procedimiento analítico: análisis de contenido (Krippendorff)

Una vez organizado el corpus documental según los distintos niveles de observación y momentos analíticos, el análisis empírico se desarrolló mediante un análisis de contenido de carácter inferencial, orientado a la reconstrucción de regularidades comunicativas. Siguiendo a Krippendorff (1997), las comunicaciones fueron tratadas como datos simbólicos a partir de los cuales se formularon inferencias sistemáticas sobre procesos organizacionales que no son directamente observables.

El análisis no se orientó a evaluar el contenido normativo de los documentos ni a juzgar su corrección ética, jurídica o programática, enfoque que correspondería a metodologías de análisis crítico del discurso o de evaluación normativa. En su lugar, la observación se centró en cómo, cuándo y bajo qué condiciones determinadas comunicaciones emergen, se repiten, se formalizan y se integran en estructuras organizacionales, así como en su capacidad para orientar decisiones, estabilizar expectativas y estructurar prácticas académicas, científicas y profesionales.

Desde esta perspectiva, los documentos no fueron analizados solo por lo que "dicen", sino por el uso comunicativo que adquieren dentro del sistema universitario, es decir, por su función en la producción y reproducción de sentido organizacional. Este enfoque permite observar cómo problematizaciones asociadas al medio ambiente, la intervención humana sobre la naturaleza, la sostenibilidad y la sustentabilidad ingresan progresivamente a las comunicaciones organizacionales y se transforman en criterios de orientación interna.

Siguiendo a Krippendorff (1997), el diseño metodológico del análisis de contenido se estructura a partir de cinco componentes fundamentales: datos, contexto, objetivo inferencial, construcción analítica y validación. Estos componentes operan como dimensiones analíticas interrelacionadas que orientan la formulación y justificación de las inferencias. Su operacionalización en la presente investigación se sintetiza en la siguiente matriz metodológica.

Matriz metodológica del análisis de contenido: *(Basada en Krippendorff y articulada con la teoría de sistemas)*

Tabla 4.
Matriz metodológica del análisis de contenido.

Componente	Definición según Krippendorff (1997)	Operacionalización en la investigación
Datos	Los datos constituyen el material empírico disponible para el analista; deben definirse con claridad, incluyendo su delimitación, forma y procedencia.	Comunicaciones organizacionales formalizadas: planes globales de desarrollo, acuerdos universitarios, documentos normativos, informes institucionales, discursos oficiales, lineamientos curriculares y documentos estratégicos producidos por la Universidad Nacional de Colombia y la Facultad de Minas. Comunicaciones del entorno: documentos y declaraciones surgidas de eventos internacionales (simposios, congresos, conferencias y acuerdos multilaterales), así como normatividad nacional (leyes y decretos), documentos derivados de eventos nacionales y un conjunto de investigaciones académicas sobre sostenibilidad, sustentabilidad, educación superior y la historia de la educación en ingeniería.

Componente	Definición según Krippendorff (1997)	Operacionalización en la investigación
Contexto	El contexto no está dado en los datos, sino que es construido analíticamente por el investigador para hacer inteligibles las inferencias.	Contexto sistémico e histórico conformado por: (a) transformaciones del sistema universitario colombiano; (b) acoplamientos históricos entre educación, Estado, ciencia y economía; (c) emergencia y estabilización de comunicaciones globales sobre sostenibilidad y sustentabilidad; y (d) procesos organizacionales internos de la Facultad de Minas.
Objetivo inferencial	Finalidad explícita del análisis; aquello que se busca conocer de manera indirecta a partir de los datos.	Inferir cómo se estabilizan las comunicaciones éticas asociadas en la Facultad de Minas, identificando sus transformaciones semánticas, su progresiva estabilización organizacional y su función como criterio de orientación interna dentro del sistema universitario.
Construcción analítica	Teoría operacional que establece relaciones relativamente estables entre datos y contexto, ofreciendo reglas de inferencia.	Articulación entre el análisis de contenido y la teoría de sistemas sociales de Luhmann, en la cual los documentos se observan como comunicaciones que producen sentido organizacional. Los datos operan como variables independientes y las formas de institucionalización ética como variables dependientes.
Inferencia	Operación central del análisis: formular inferencias sobre aspectos no observables directamente, justificadas por factores estables del sistema.	Reconstrucción de patrones comunicativos mediante los cuales la Facultad de Minas traduce expectativas externas (ambientales, éticas, normativas) en criterios internos de legitimación, pertenencia profesional y orientación académica.
Validación	Definición previa de los criterios y pruebas que permitirán evaluar la consistencia de las inferencias.	Validación mediante triangulación documental, coherencia interna de las inferencias, consistencia histórica de los hallazgos, reproducibilidad del procedimiento analítico y correspondencia entre las inferencias y las transformaciones organizacionales observables.

Nota. Tomado de *Metodología de análisis de contenido: Teoría y práctica* (1a ed., p. 45), por K. Krippendorff (L. Wolfson, trad.), 1997, Paidós (Trabajo original publicado en 1980).

3.2.5. Criterios de análisis y reglas de inferencia

En coherencia con la metodología de análisis de contenido propuesta por Krippendorff (1997) y con la teoría de los sistemas sociales de Luhmann (1998), el análisis empírico se orientó por un conjunto explícito de criterios analíticos y reglas de inferencia que permitieron reconstruir patrones comunicativos de manera sistemática y no arbitraria. Estos criterios operan como mediaciones metodológicas entre los datos disponibles y los procesos organizacionales inferidos, garantizando la trazabilidad y consistencia del análisis.

3.2.5.1. Identificación de recurrencia comunicativa

La *recurrencia* se definió como la presencia reiterada de determinadas referencias, conceptos o problematizaciones dentro de un mismo tipo documental o a lo largo de distintos documentos producidos en momentos temporales diferenciados. Siguiendo a Krippendorff, la *recurrencia* interpreta como un indicador de relevancia comunicativa, en la medida en que señala la capacidad de ciertas formas simbólicas para ser seleccionadas repetidamente por el sistema.

En términos operativos, una *recurrencia* fue considerada analíticamente significativa cuando cumplía al menos uno de los siguientes criterios:

- Aparición reiterada en documentos estratégicos o programáticos;
- Presencia sostenida en distintos períodos históricos;
- Reiteración en comunicaciones producidas por diferentes niveles organizacionales.

3.2.5.2. Distinción entre repetición y estabilización

Con el fin de evitar una lectura reduccionista de la *recurrencia*, el análisis distinguió explícitamente entre *repetición* y *estabilización* comunicativa. Mientras que la *repetición* refiere a la reiteración de un término o referencia, la estabilización se entiende, desde una perspectiva sistémica, como un proceso mediante el cual determinadas comunicaciones logran integrarse de manera relativamente duradera en las estructuras organizacionales.

Una comunicación fue interpretada como *estabilizada* cuando, además de su *recurrencia*, cumplía al menos dos de los siguientes criterios:

- continuidad temporal a lo largo de distintos ciclos de planificación o gestión;
- incorporación en documentos con capacidad decisional (planes, acuerdos, programas);
- articulación con estructuras organizativas, curriculares o presupuestales;
- integración en autodescripciones institucionales o en orientaciones estratégicas explícitas.

Este criterio permite observar la *estabilización* como un fenómeno estructural y no meramente discursivo.

3.2.5.3. Análisis de asociaciones semánticas

Siguiendo a Krippendorff, el análisis incorporó la observación de *asociaciones semánticas*, entendidas como patrones de coocurrencia entre referencias, conceptos o problematizaciones dentro de una misma unidad de registro. Estas asociaciones permiten inferir cómo el sistema organiza ciertos temas y cómo los vincula con orientaciones organizacionales más amplias.

En este nivel, el análisis no se centró en establecer relaciones causales, sino en identificar configuraciones comunicativas recurrentes, por ejemplo, la asociación entre sostenibilidad/sustentabilidad, gestión institucional, formación profesional, investigación aplicada o responsabilidad social. Estas configuraciones se interpretan como indicadores de procesos de selección comunicativa mediante los cuales la organización delimita lo que resulta relevante tematizar.

3.2.5.4. Ubicación estratégica de las comunicaciones

Un criterio adicional de análisis fue la *ubicación estratégica* de determinadas referencias dentro de los documentos. No todas las apariciones comunicativas tienen el mismo peso organizacional; por ello, el análisis distinguió entre menciones marginales, referencias programáticas y formulaciones estructurantes.

Las comunicaciones ubicadas en ejes estratégicos organizacionales, objetivos institucionales, misiones, visiones, lineamientos curriculares o decisiones presupuestales fueron consideradas como indicadores de mayor relevancia operativa, en tanto participan directamente en la orientación de decisiones y prácticas organizacionales.

3.2.5.5. Regla general de inferencia

De acuerdo con Krippendorff (1997), las *inferencias* formuladas en el análisis se justifican en función de relaciones relativamente estables entre los datos y su contexto. En esta investigación,

la regla general de inferencia establece que cuando determinadas problematizaciones ambientales y referencias a la intervención humana sobre la naturaleza muestran recurrencia, asociación semántica, continuidad temporal y ubicación estratégica en las comunicaciones organizacionales, es posible inferir su progresiva integración como orientaciones relevantes dentro del sistema universitario observado.

Estas inferencias se interpretan como reconstrucciones analíticas de procesos comunicativos mediante los cuales la organización reduce complejidad y orienta su propia reproducción.

3.2.6. Estrategias técnicas de análisis asistido por herramientas computacionales

El procesamiento metodológico del corpus correspondiente a las tesis doctorales se realizó mediante una estrategia de análisis de contenido asistido por herramientas de inteligencia artificial, específicamente *ChatGPT Pro (versión GPT-4)* y *Claude.ai (versión 4.1),* cuyo procedimiento se describe detalladamente en el *Anexo 1. Guía metodológica para el análisis de tesis doctorales*. La incorporación de estas herramientas se justifica por el tamaño y la complejidad del corpus, la necesidad de estandarizar el tratamiento analítico de textos extensos y altamente formalizados, así como por la posibilidad de identificar de manera sistemática patrones comunicativos recurrentes, garantizando condiciones de reproducibilidad del procedimiento y facilitando la triangulación de la información.

Desde la perspectiva del análisis de contenido propuesta por Krippendorff (1997), el uso de herramientas computacionales resulta metodológicamente pertinente en la medida en que el análisis no se define por el medio técnico empleado, sino por la claridad en la definición de los datos, la explicitación del contexto de análisis, la finalidad inferencial y la construcción analítica que vincula los datos con aspectos del contexto que no son directamente observables. En este sentido, las tesis doctorales fueron tratadas como datos simbólicos, a partir de los cuales se formularon inferencias relativas a procesos organizacionales y comunicativos de la Facultad de Minas, particularmente aquellos asociados a la emergencia, transformación y estabilización de comunicaciones sobre problemáticas ambientales, sostenibilidad, sustentabilidad y formas de intervención humana sobre la naturaleza en la producción científica avanzada.

Las herramientas de inteligencia artificial se utilizaron como dispositivos de apoyo al procesamiento y organización del material empírico, permitiendo la segmentación de textos, la identificación de recurrencias temáticas y la sistematización de fragmentos relevantes conforme a criterios analíticos previamente definidos. No obstante, siguiendo estrictamente el enfoque de Krippendorff, la formulación, justificación y validación de las inferencias no fue delegada a los modelos computacionales. Las salidas generadas fueron revisadas, contrastadas y depuradas por el investigador a la luz del marco teórico de la teoría de los sistemas sociales, garantizando que la interpretación sociológica conserve su centralidad y que las inferencias se fundamenten en una construcción analítica explícita.

Los resultados del análisis asistido fueron organizados y tabulados en una matriz de Excel, lo que permitió su ordenamiento sistemático y su posterior triangulación. De este modo, el uso de inteligencia artificial se integra coherentemente al diseño metodológico como una herramienta técnica al servicio del análisis de contenido, sin sustituir la labor interpretativa del investigador ni el anclaje teórico de la investigación.

El análisis de los Planes de Acción de Sede de la Universidad Nacional de Colombia se incorporó como una estrategia metodológica orientada a observar procesos de selección y estabilización comunicativa en el nivel organizacional, particularmente en lo relativo a las comunicaciones sobre problemáticas ambientales, sostenibilidad, sustentabilidad y cuidado de la vida. Estos documentos constituyen comunicaciones programáticas mediante las cuales la organización define prioridades, orienta decisiones y asigna recursos, por lo que resultan especialmente adecuados para analizar cómo determinadas referencias adquieren relevancia operativa y continuidad en el tiempo.

Desde el punto de vista del análisis de contenido, la estrategia adoptada se fundamenta en el enfoque propuesto por Krippendorff, en particular en el *análisis de contingencia*, entendido como una técnica orientada a identificar asociaciones entre símbolos, conceptos o temas a partir de sus pautas de coocurrencia en los mensajes. De acuerdo con este enfoque, la presencia reiterada y articulada de determinados atributos de contenido en un conjunto de documentos no se interpreta como un fenómeno casual, sino como un indicio de asociaciones relativamente estables en la comunicación de la fuente, en este caso, la organización universitaria. En coherencia con esta perspectiva, el análisis no se orientó a evaluar el contenido normativo de los planes en sí mismos,

sino a reconstruir patrones relacionales en el uso de determinadas semánticas y su vinculación con decisiones organizacionales.

Los Planes de Acción de Sede completos fueron tratados como datos comparables, lo que permitió observar coocurrencias y asociaciones semánticas a nivel programático. En un primer momento, se realizó un análisis de frecuencia léxica orientado a identificar el ingreso, la recurrencia y la progresiva estabilización de términos clave asociados a las problemáticas ambientales y a la sostenibilidad, tales como sostenibilidad, sustentabilidad, gestión ambiental, desarrollo sostenible y Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estas unidades léxicas fueron seleccionadas por su capacidad para condensar expectativas organizacionales relativas al desarrollo, la responsabilidad institucional y la gestión de riesgos socioambientales. El procedimiento consistió en la identificación exhaustiva de dichos términos en el corpus completo de los planes, el registro de su frecuencia absoluta por documento y su normalización en relación con la extensión textual (apariciones por cada 1000 palabras), utilizando *ChatGPT Pro (versión GPT-4)* y *Claude.ai (versión 4.1)*. Este procedimiento permitió realizar comparaciones diacrónicas entre distintos períodos y observar tendencias en la recurrencia comunicativa.

Este ejercicio se interpreta como una forma de análisis de contingencia en la medida en que hace visibles pautas de coocurrencia y recurrencia de atributos semánticos dentro de unidades de registro comparables, permitiendo inferir asociaciones comunicativas que se mantienen o se transforman a lo largo del tiempo.

De manera complementaria, para observar la estabilización más allá de la recurrencia léxica en este tipo de comunicaciones específico, se desarrolló un análisis presupuestal comparativo orientado a identificar cómo estas comunicaciones (lo ambiental) se articulan con decisiones organizacionales relativas a la asignación de recursos. Para ello, se identificaron proyectos y líneas de acción con componentes explícitamente ambientales, registrando los montos absolutos asignados, su proporción dentro del presupuesto total de inversión y el número de iniciativas con orientación ambiental. Este análisis permitió describir cómo las asociaciones semánticas identificadas encuentran correlatos en estructuras programáticas y financieras, reforzando su relevancia operativa dentro del sistema organizacional.

Adicionalmente, se incorporó un análisis temático estructural de los documentos, orientado a identificar la ubicación estratégica que ocupan las referencias a la sostenibilidad y la sustentabilidad dentro de la arquitectura comunicativa de los planes de acción. Se analizó su

presencia en ejes estratégicos organizacionales, objetivos institucionales y funciones misionales, así como su grado de desarrollo conceptual y operativo. Esta estrategia permitió observar cómo estas comunicaciones se articulan con otras orientaciones organizacionales y participan en la definición de prioridades institucionales.

3.2.7. Estrategias de validación y control analítico

Siguiendo a Krippendorff (1997), en todo análisis de contenido deben especificarse por adelantado los criterios mediante los cuales se evaluará la consistencia y validez de las inferencias formuladas. En esta investigación, la validación no se concibe como verificación empírica de correspondencia con una realidad externa objetivada, sino como un control analítico interno orientado a garantizar la coherencia, trazabilidad y plausibilidad de las reconstrucciones inferenciales realizadas.

3.2.7.1. Coherencia interna del procedimiento analítico

Un primer nivel de validación se estableció mediante la coherencia interna del diseño metodológico, asegurando la correspondencia entre el objeto de estudio, la definición de los datos, las unidades de registro, los criterios de análisis y los objetivos inferenciales. Esta coherencia permitió evitar desplazamientos metodológicos no justificados y asegurar que las inferencias se mantuvieran ancladas en las reglas analíticas previamente definidas.

3.2.7.2. Triangulación documental y sistémica

La investigación incorporó una estrategia de triangulación documental, consistente en el contraste sistemático de comunicaciones provenientes de distintos niveles de observación (Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sistema educativo nacional y entorno global). Esta triangulación permitió evaluar la consistencia de los patrones comunicativos identificados y observar cómo determinadas problematizaciones se reproducen, se transforman o se reespecifican en distintos contextos organizacionales y sistémicos.

Desde una perspectiva sistémica, la triangulación se orientó a observar convergencias y divergencias comunicativas que refuerzan la plausibilidad de las inferencias sobre procesos de variación, selección y estabilización.

3.2.7.3. Consistencia histórica de las inferencias

Un tercer criterio de validación se basó en la consistencia histórica de los hallazgos. Las inferencias formuladas fueron evaluadas en función de su capacidad para explicar de manera coherente la evolución temporal de las comunicaciones analizadas, evitando lecturas anacrónicas o extrapolaciones no justificadas. La recurrencia y estabilización de determinadas comunicaciones se interpretaron únicamente cuando mostraron continuidad y transformación a lo largo de distintos períodos históricos.

3.2.7.4. Reproducibilidad del procedimiento analítico

En coherencia con Krippendorff, se prestó especial atención a la reproducibilidad del procedimiento analítico, entendida no como replicación mecánica de resultados, sino como posibilidad de que otro investigador pueda reconstruir las decisiones metodológicas tomadas. Para ello, se documentaron explícitamente los criterios de selección del corpus, la definición de las unidades de registro, las reglas de inferencia y los procedimientos de análisis, incluidos aquellos apoyados en herramientas computacionales y de inteligencia artificial (véase Anexo 1).

3.2.7.5. Control interpretativo y reflexividad del investigador

Dado el carácter inferencial del análisis, se incorporó un control interpretativo basado en la reflexividad del investigador como operación central del proceso analítico. Las inferencias derivadas de la triangulación documental, así como aquellas obtenidas a partir del procesamiento de comunicaciones mediante herramientas computacionales, fueron sistemáticamente revisadas, contrastadas y depuradas a la luz del marco teórico de la teoría de los sistemas sociales. Este procedimiento garantizó que la interpretación sociológica mantuviera su primacía frente a los

dispositivos técnicos utilizados, evitando lecturas automatizadas de los datos y asegurando la coherencia de los resultados con el enfoque teórico adoptado.

3.2.7.6. Correspondencia entre inferencias y transformaciones organizacionales

Finalmente, las inferencias se consideraron metodológicamente válidas en la medida en que mostraron correspondencia analítica con transformaciones organizacionales observables, tales como la creación de programas académicos, la reformulación de planes de estudio, la incorporación de estructuras organizacionales y la asignación de recursos. Esta correspondencia no se interpreta como relación causal, sino como indicio de estabilización comunicativa dentro del sistema organizacional.

El diseño metodológico de esta investigación se construyó con el propósito de hacer observable la evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, comprendidas como operaciones propias de un sistema organizacional funcionalmente diferenciado. Desde la teoría de los sistemas sociales de Luhmann, el objeto de estudio fue delimitado como un entramado de comunicaciones que se producen, seleccionan y estabilizan en el tiempo bajo condiciones organizacionales específicas. Esta perspectiva permitió articular de manera coherente la delimitación del objeto, la organización del corpus y la estrategia analítica, evitando reducciones causalistas o interpretaciones centradas exclusivamente en intenciones subjetivas.

En términos metodológicos, la investigación se apoyó en el análisis de contenido propuesto por Krippendorff como una estrategia inferencial orientada a reconstruir regularidades comunicativas a partir de datos simbólicos. La definición explícita de los datos, las unidades de registro, el contexto de análisis y el objetivo inferencial permitió establecer un procedimiento analítico sistemático y reproducible, en el cual los documentos fueron observados como comunicaciones con capacidad de orientar decisiones, estabilizar expectativas y estructurar prácticas organizacionales. La articulación entre el análisis de contenido y la teoría de sistemas sociales operó como una construcción analítica que vinculó los datos empíricos con procesos organizacionales no directamente observables, en particular aquellos asociados a la institucionalización de comunicaciones éticas en torno a la sostenibilidad y la sustentabilidad.

El uso de herramientas computacionales de apoyo para el análisis de corpus extensos, como tesis doctorales y planes de acción institucionales, se integró de manera consistente al diseño metodológico, en tanto dispositivos técnicos al servicio del procesamiento y la organización del material empírico. Estas herramientas facilitaron la identificación de recurrencias, asociaciones semánticas y patrones comunicativos, sin sustituir la labor interpretativa del investigador ni la centralidad del marco teórico. Las inferencias producidas fueron sistemáticamente revisadas, contrastadas y trianguladas con otros conjuntos documentales, garantizando la coherencia interna del análisis y la correspondencia entre los hallazgos empíricos y las transformaciones organizacionales observables.

Finalmente, las estrategias de validación y control analítico adoptadas (triangulación documental, consistencia histórica, explicitación de los criterios inferenciales y reproducibilidad del procedimiento) permitieron fortalecer la solidez metodológica de la investigación y delimitar con claridad el alcance de sus resultados. De este modo, el capítulo teórico-metodológico establece las condiciones de posibilidad para una reconstrucción sociológica rigurosa de la evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas, mostrando cómo estas se configuran, se estabilizan y adquieren relevancia operativa en el marco de un sistema universitario que procesa de manera autorreferencial las expectativas provenientes de su entorno.

4. Resultados

4.1 Sección 1. Sistema educativo en Colombia: de la moral religiosa a la ética secularizada: breve observación del proceso de diferenciación sistema educativo colombiano (1830–1886)

4.1.1. La herencia del periodo colonial: Acoplamiento sistema educativo y religión.

Durante buena parte del siglo XIX, el sistema educativo colombiano operó en estrecho acoplamiento con el sistema religioso, tanto como herencia del periodo colonial como en respuesta a los intereses organizativos del proyecto nacional en formación. Dichos intereses, configurados a partir del proceso independentista, se orientaron a garantizar la cohesión social, el orden moral y la legitimidad institucional. En este marco, la organización del nuevo Estado, en su propósito de preservar el orden social, mantuvo la legitimación de la moral religiosa, hasta entonces funcional y eficaz en el contexto nacional, siendo la educación uno de los principales medios de transmisión semántica para tal fin. El *Reglamento General de Instrucción Pública de 1826*, promulgado durante el gobierno de Francisco de Paula Santander, constituyó una comunicación normativa que representó el primer intento sistemático de organización estatal de la enseñanza pública en el país (Torrejano, 2017). Este reglamento estableció como principio fundamental de la enseñanza la instrucción religiosa y, para tal fin, otorgó a los párrocos amplias facultades de inspección y vigilancia sobre el sistema educativo, incluyendo la selección y aprobación de maestros, la definición de los textos de estudio y la expulsión de estudiantes o profesores (Ley y reglamentos orgánicos de enseñanza pública en Colombia, 1826). De manera simultánea, incorporó al sistema educativo comunicaciones orientadas a la modernización, vinculadas al desarrollo industrial y económico de la nación. En este sentido, Safford (1989) señala que los miembros de la élite colombiana de los primeros años de la República mantenían una clara conciencia de la necesidad de dotar de mayores destrezas laborales a los sectores bajos y medios de la sociedad, así como de "moralizar" a la población mediante la inculcación de la disciplina del trabajo. A través de la educación primaria y de la educación básica industrial, se buscaba articular dos objetivos estrechamente relacionados: la preservación del orden social y el impulso al progreso económico

Para responder a esta noción modernizadora, los dirigentes republicanos con Santander como vicepresidente, sancionan la *Ley del 8 de marzo de 1826* (sobre organización y arreglo de la

instrucción pública) y establecen el *Plan General de Estudios Superiores* dando forma a la universidad pública nacional: Se organizó la Universidad Central de la República con sede en Santafé, Quito y Caracas (Universidad Nacional de Colombia,1996). *El Plan de Santander*, surge como una comunicación a partir de la cual el sistema enfoca sus comunicaciones de orden formativo hacia la "enseñanza de la economía política apoyada en los textos del economista liberal francés *Juan Bautista Say*, y del derecho y la filosofía con las obras de *Bentham*, *Montesquieu* y *Condillac* principalmente" (Torrejano, 2017, p.10) y con ello formar intelectuales y dirigentes para la *República*; además, el sistema educativo se diferenció en cinco Escuelas: Filosofía, Jurisprudencia, Medicina, Teología y Ciencias Naturales.

El sistema educativo en su nivel superior quedaba entonces configurado por dos frentes semánticos, el de la *religión* operando como gendarme del orden y de la conducta, y el de la *modernidad* que permitiría poner a la nación al nivel de los países desarrollados (Ospina, 2012), esta última provocaría áridas reacciones de los sectores tradicionales que veían en esta semántica una amenaza para la estabilidad de la Nación, al incorporar en ellas nociones secularizadas de la moral (Jaramillo, 1980). Tensión que caracterizará la historia del sistema educativo colombiano durante casi cien años. Para el control del sistema se creó la *Dirección General de Instrucción Pública* hasta su disolución en 1840.

La *Ley de 1826*, también introdujo disposiciones en torno a la enseñanza de la ingeniería, al incluirla entre las "enseñanzas especiales". El Artículo 9 menciona la "ingeniería jeográfica" como parte del conjunto de estudios superiores, junto con la cosmografía, la hidrografía y las minas. En especial, el Artículo 59 preveía que:

> En los pueblos de minas de oro y plata o de otros metales cuidará la dirección jeneral que se establezcan, si pudiere ser, escuelas especiales, en que se enseñe la jeometría práctica subterránea, física y mecánica aplicada a las máquinas respectivas, la química aplicada a los ensayos docimástica, fundición y amalgamación; y la mineralojía, jeonicoa y arte de minas. (Colombia. Congreso de la República, 1826).

Esta disposición que incorporó al sistema educativo comunicaciones en torno a la explotación racional de los recursos naturales y la economía minera encontró en el Departamento

de Antioquia terreno fértil para estabilizarse, por su riqueza minera y por su sólida tradición conservadora como herencia de la colonia (Santamaría, 1994).

Una de las "tensiones" más significativas que emergieron a partir de la política educativa impulsada por Santander fue la introducción de las ideas liberales de *Jeremy Bentham*[1]. La incorporación de sus textos en el sistema universitario provocó una fuerte reacción de los sectores más conservadores, que veían en las doctrinas utilitaristas y capitalistas propuestas por Bentham una amenaza al orden social tradicional. Frente a ello, los partidarios de su adopción defendían la necesidad de un nuevo horizonte ético y político, en el cual la conducción de la sociedad quedara en manos del Estado y de sus organizaciones, desplazando la influencia eclesiástica como sistema diferenciado (Torrejano, 2017). Con ello, se evidenciaba el estrecho acoplamiento del estado con la religión y los primeros intentos de desacoplamiento, operación que a su vez irritaría al sistema educativo.

En 1828, ante los cuestionamientos de las élites "tradicionales" al *Plan de Estudios* de Santander, Simón Bolívar promulgó el *Decreto del 12 de marzo de 1828*, mediante el cual prohibió el uso de los textos de *Bentham* en colegios y universidades, por considerarlos contrarios a la doctrina moral y religiosa e hizo obligatoria la enseñanza de la religión católica, reinstaurando de manera explícita la centralidad del dogma como fundamento formativo (Rodríguez de Pinilla, 2017). En 1832 Santander asume la Presidencia de la República y los textos de *Bentham* vuelven a establecerse como parte de la bibliografía para la enseñanza pública, evidenciando el inevitable destino de la nación hacia las sendas del capitalismo.

Con la *Constitución de 1832*, promulgada durante el gobierno de Santander y surgida tras la disolución de la Gran Colombia en 1830[2], el Estado colombiano mantuvo la semántica religiosa

[1] Jeremy Bentham (1748-1832) fue un filósofo y reformador inglés, fundador del utilitarismo, cuya doctrina influyó en la modernización de la educación colombiana del siglo XIX. Sus ideas promovieron una educación laica, práctica y orientada al bienestar social, inspirando reformas que buscaron secularizar la educación y orientarla hacia el progreso nacional

La doctrina utilitarista de Bentham es acogida por el sector más liberal de la nueva clase dirigente y dominante del país. Sus adeptos, a la cabeza de los cuales estuvo Francisco de Paula Santander, consideraron que sus preceptos filosóficos compaginaban con el macroproyecto de la construcción del Estado-nación y una ética ciudadana laica. (Torrejano,2017, p.79).

[2] La Constitución de 1832 en Colombia, conocida como la Constitución del Estado de la Nueva Granada, fue proclamada por una Convención Nacional conformada por representantes de varias provincias. Esta Constitución se promulgó oficialmente el 1 de marzo de 1832. Esta Constitución reflejaba un acuerdo político que respondía a un modelo centralista y presidencialista tras la disolución de la Gran Colombia, y fue aprobada por representantes de distintas corrientes, aunque predominaba una visión más conservadora en cuanto al orden centralizado del poder. Por

como principio legitimador del orden social, conservando así el acoplamiento histórico entre religión y educación (Torrejano, 2017). Esta orientación se tradujo en el ámbito educativo mediante la *Ley del 30 de mayo de 1835* sobre el plan general de enseñanza pública, la cual preservó la base semántica del Plan de Santander, al tiempo que acentuó el carácter "liberal" del proyecto nacional. En este sentido, el sistema educativo avanzó de manera incipiente en un proceso de diferenciación respecto del sistema religioso en el plano organizativo, aunque continuó operando bajo el código moral católico en el plano normativo (Osorio, 2012). En coherencia con ello, las disposiciones oficiales establecieron mecanismos de examen, inspección y autorización orientados a garantizar que los contenidos educativos no contradijeran los principios de la moral católica.

En este escenario, el Estado colombiano se encontraba inmerso en un proceso de diferenciación interna, en cuyo marco comenzaron a emerger, como expresiones de un desacoplamiento semántico en curso, los partidos *Conservador* y *Liberal* (Torrejano, 2017). Hacia 1840, el sistema educativo continuaba operando predominantemente bajo un código moral estructurado en la distinción entre lo apreciable y lo no apreciable, lo "bueno" y lo "malo", en la medida en que aún no se había consolidado un proceso de diferenciación funcional respecto del sistema religioso. No obstante, este proceso ya se encontraba en curso, en la medida en que las ideas liberales del periodo operaban como fuentes de variación semántica que introducían nuevas distinciones y expectativas comunicativas en el sistema educativo. En este contexto, el debate público se organizó en torno a una pregunta central: ¿cuál era la educación moral más adecuada para la nación? (Torrejano, 2017, p. 111). Esta cuestión adquirió creciente relevancia en tanto la filosofía del progreso introdujo comunicaciones que cuestionaban la autoridad religiosa y el orden jerárquico tradicional, promoviendo la expectativa de una sociedad orientada por la razón y la naturaleza, y proyectada hacia la libertad, la paz y la emancipación frente a formas de dominación y superstición heredadas (Melo, 2008).

lo tanto, la proclamación estuvo más vinculada a los sectores conservadores que querían un estado centralizado y presidencialista, aunque no exclusivamente, pues fue un consenso político amplio en ese momento. El presidente en ese período fue Francisco de Paula Santander, quien, aunque asociado a ideas liberales, también manejaba una postura moderada dentro del contexto del nuevo orden constitucional.

4.1.2. Entre moral religiosa y ciencias útiles: baja diferenciación funcional del sistema educativo colombiano (1842–1867)

La codificación de las comunicaciones morales en el naciente sistema educativo colombiano continuó operando bajo la semántica del sistema religioso católico durante la década de 1840, aunque comenzó a evidenciarse un proceso gradual de desacoplamiento respecto de este. *La Reforma Educativa de 1842*, impulsada durante el gobierno de Pedro Alcántara Herrán y dirigida por el secretario del interior Mariano Ospina Rodríguez, representó una comunicación clave para el sistema educativo nacional, especialmente para el nivel universitario aún en proceso de configuración (Torrejano, 2017). La comunicación introducía al sistema una semántica educativa "práctica", con ello la enseñanza de ciencias útiles vinculadas al fortalecimiento de la economía nacional[3]. Mariano Ospina, de tradición católica, pero también comprometido con las ideas de "progreso", defendía una educación orientada al desarrollo material y al impulso de la industria (Osorio Vega, 2012). Según Ospina, la juventud debía ser conducida hacia las ciencias prácticas para fomentar la industria, aumentar la riqueza y apartarse de los estudios especulativos (citado en Bohórquez Casallas, 1856), consigna que años más tarde inculcaría a sus hijos Pedro Nel Ospina[4] y Tulio Ospina[5] fundadores de la Escuela de Minas en 1886 (Mayor Mora, 1984).

En este contexto, el sistema educativo configuraba sus operaciones alrededor de expectativas formativas orientadas por la idea emergente de "desarrollo económico", sin abandonar la moral religiosa como criterio legítimo para orientar la conducta dentro del proceso educativo. Dado el bajo nivel de diferenciación funcional de la época en el entorno nacional, ambas semánticas, la modernizadora y la religiosa, coexistían dentro del mismo sistema y eran tratadas

[3] "En el cambio del contexto político, los neoborbones, que promovieron la educación científica desde la década de 1820 hasta finales de 1840, tuvieron que hacer frente a obstáculos algo diferentes de los que habían tenido que enfrentar sus predecesores, los administradores borbónicos. Durante la época de la independencia, las órdenes religiosas se habían debilitado mucho y ya no podían presentar una posición verdadera ni al control civil de la educación superior ni a la reforma curricular. A comienzos del periodo republicano, los problemas más importantes eran, primero, volver a conformar la élite científica extinguida por los pacificadores españoles, y segundo, ante las oportunidades políticas que ofrecía la república, motivar a los estudiantes para que abrazaran las carreras técnicas y científicas" (Safford, 1989, p.150).

[4] Pedro Nel Ospina Vásquez fue un militar, político y educador colombiano que nació en Bogotá el 18 de septiembre de 1858 y falleció en Medellín el 1 de julio de 1927. Ocupó la Presidencia de la República de Colombia en el período de 1922 a 1926.

[5] Tulio Ospina Vásquez fue un destacado ingeniero de minas, historiador y empresario colombiano que desempeñó roles clave en la educación superior y la economía de Antioquia, destacando como rector de la Universidad de Antioquia, fundador de la Escuela de Minas de Medellín y creador de la Academia Antioqueña de Historia.

como orientaciones simultáneas para la selección de contenidos, métodos y finalidades. Esta coexistencia no obedecía a una integración programática, sino a la incapacidad estructural del sistema para distinguir con claridad entre formas de validación científica y formas de validación moral, reflejando un modo de operación donde las comunicaciones educativas aún permanecían fuertemente acopladas al horizonte normativo del sistema religioso (Torrejano, 2017). Así, aunque la reforma posibilitó la entrada de saberes técnicos y científicos en la educación superior, como química, mineralogía, geología, topografía o dibujo, mantuvo intacta la hegemonía clerical sobre la orientación moral en todos los niveles educativos; el *Decreto Orgánico del 1° de diciembre de 1842*, conocido como *Plan Ospina*, formalizó esta doble orientación: fortalecer la disciplina estudiantil y las buenas costumbres a través de la injerencia de las autoridades católicas e introducir las semánticas progresistas que permitirían el desarrollo económico de la nación (Osorio Vega, 2012).

La observación del *Plan Ospina* permite identificar con claridad el bajo grado de diferenciación funcional del sistema educativo colombiano en la primera mitad del siglo XIX, en la medida en que sus orientaciones continuaban estructuradas por expectativas normativas de origen moral y religioso. Aunque los sistemas político, religioso y educativo operaban con clausura operativa, su escaso nivel de especialización permitía que la semántica religiosa siguiera orientando de manera directa los criterios formativos y disciplinarios. La reforma introdujo simultáneamente dos expectativas difícilmente compatibles: por un lado, la incorporación de saberes técnico-científicos vinculados a la modernización, la industrialización y el desarrollo económico; por otro, la exigencia de mantener la moral eclesiástica como referencia normativa obligatoria.

El rechazo al *Plan Ospina* surgió principalmente desde los sectores liberales, que veían en sus "políticas centralistas" una amenaza a la autonomía de las provincias y una prolongación del control clerical sobre la educación. Para los dirigentes regionales, la concentración en Bogotá de las comunicaciones en materia de educación limitaba las oportunidades de formación superior (Santamaría, 1994). Los liberales interpretaron esta comunicación como un mecanismo de exclusión que subordinaba la vida política, económica y educativa de las provincias a un modelo centralizado y conservador (Marquínez Argote,1983), a esto se sumaron los limitados resultados de la implementación del plan, pues las reformas que pretendían orientar a los estudiantes hacia las ciencias prácticas no lograron consolidarse en el país como consecuencia de la precaria "infraestructura" estatal para su implementación (Safford, 1989) .

La continuidad del código moral de origen religioso en el sistema educativo colombiano, y de manera particular en el ámbito universitario, se mantuvo durante el gobierno de Tomás Cipriano de Mosquera (1845–1849), administración reconocida tanto por su carácter progresista como por "sentar las bases de la ingeniería en Colombia" (Santamaría, 1994). En este periodo, el sistema educativo amplió sus comunicaciones hacia las ciencias útiles y aplicadas, en coherencia con el ideal de progreso y civilización que comenzaba a estabilizarse. No obstante, dicha ampliación no implicó una diferenciación con respecto al orden eclesiástico establecido, sino que se mantuvo con la *Reforma de Rufino Cuervo* de 1847. En este marco, el *Decreto del 14 de septiembre de 1847* dispuso que los catedráticos debían inculcar en los alumnos "el amor y respeto a la religión, a la moral y a la ley". Asimismo, el Artículo 20 facultaba la suspensión de docentes que "impartieran doctrinas consideradas contrarias al credo cristiano", reforzando el carácter regulador del Estado a través de disposiciones morales que, en algunos casos, se extendían al ámbito de la vida privada de los estudiantes, como la "asistencia obligatoria a misa" y la "confesión periódica".

Durante este periodo las expectativas de los sistemas económico y científico permitieron al sistema educativo nacional la selección de la semántica de la *utilidad* y la *productividad* como nuevos criterios de legitimación del conocimiento universitario. Con ello el sistema educativo público diferenció la *Escuela* de Ciencias Naturales y ocho especializaciones que otorgaban los títulos de: agrimensor público, profesor de matemáticas, profesor de botánica, profesor de química, profesor de mineralogía, profesor de astronomía, profesor de mecánica y arquitecto lo que supondría abarcar los frentes del conocimiento necesarios para el desarrollo nacional (Torrejano, 2017).

En 1845, a ese grupo de especializaciones se le sumó la Ingeniería, para la cual se creó el *Colegio* Militar[6], organización concebida para la capacitación de ingenieros civiles capaces de contribuir al desarrollo material del país, respondiendo a las necesidades de defensa e infraestructura nacional, con un plan de estudios de influencia francesa que articulaba la educación técnica y militar con los imperativos de modernización del Estado (Murray, 2012). Es decir, la "institucionalización" de la ingeniería en Colombia tiene origen en un *Colegio* Militar. El plan de

[6] El Colegio Militar de Bogotá, aunó la instrucción militar y la ingeniería civil y de hecho hizo énsafis en esta última […] el Colegio capacitó a gran parte de los ingenieros que trabajaron en la construcción de caminos y ferrovías y enseñaron matemáticas e ingeniería a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX. La combinación entre la instrucción militar con la ingeniería civil era un hecho bastante generalizado en el mundo occidental. (Safford,1989, p.253)

estudios incluía asignaturas como aritmética, álgebra, geometría especulativa y práctica, trigonometría rectilínea y esférica, geometría analítica y descriptiva, así como cursos aplicados a maquinaria, arquitectura civil, hidráulica, caminos, puentes y calzadas (Santamaría, 1994, p.46).

Entre los egresados del Colegio Militar se destacó Luis Tisnés, quien posteriormente se desempeñaría como el primer rector en propiedad de la Escuela Nacional de Minas, y que, junto a otros egresados, contribuyó a la conformación del primer cuerpo nacional de docentes en ciencias e ingeniería en Colombia, proceso que dio lugar a la creación de la *Sociedad Colombiana de Ingenieros*, iniciada en 1870 y formalmente establecida en 1887 (Santamaría, 1994). Las limitaciones estructurales del Colegio Militar, particularmente la falta de recursos y la inestabilidad política llevaron a su cierre definitivo en 1867 con la promulgación de la *Ley 66 de 1867* (sobre la organización de una Universidad en la capital de la República la que llevará el nombre de Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia) que dio paso a la creación de la actual Universidad Nacional de Colombia.

Con la administración de José Hilario López[7] (1849-1853) las comunicaciones en el sistema educativo se vieron irritadas por una serie de reformas impulsadas por el "ideario" del recién creado *Partido Liberal*, referenciadas en la historiografía como clave en la "ruptura" con el mundo colonial (Cifuentes y Silva, 2016, p.46). El código de "libertad", como parte central de la semántica del *Partido Liberal*, otorgaba autonomía funcional a los subsistemas que hasta entonces tenían una fuerte intervención del estado, entre ellos el sistema educativo.

Con la *Ley 1842 del 8 de mayo de 1848* (Sobre libertad de enseñanza y habilitación de cursos) se declaraba "libre la enseñanza en todos sus ramos", esta libertad, además de permitir la expedición de títulos universitarios a *Colegios* provinciales que cumplieran con las condiciones necesarias, como medida descentralizadora de la educación superior[8], otorgaba libertades "administrativas" a las organizaciones educativas para la expedición de sus propias comunicaciones normativas, con ello entregaba a cada subsistema del sistema educativo condiciones para establecer sus planes de estudio, crear sus propios códigos de membresía,

[7] José Hilario López fue un político y militar colombiano, miembro fundador y destacado líder del Partido Liberal Colombiano. Fue presidente de la República de la Nueva Granada entre 1849 y 1853 y es reconocido como el primer presidente liberal de Colombia. Durante su gobierno impulsó reformas liberales trascendentales, como la abolición de la esclavitud, la separación entre la Iglesia y el Estado, y la promoción de libertades como la de prensa. Además, participó activamente en la defensa de los principios liberales y en la guerra civil de 1860-1862 militó en las filas liberales radicales.

[8] Aunque la normativa en materia universitaria siguiera condicionada a las Universidades Centrales.

inclusión o exclusión, etc. Esta *Ley* representó una "liberalización" de la educación a la excesiva regulación estatal, pero "conservando" bajo su medida un control central para garantizar estándares académicos (Vargas, 2014).

Esta comunicación (*Ley 1842 del 8 de mayo de 1848*), también facultó a "cualquier persona o corporación" para el establecimiento de organizaciones educativas, siempre que no se opusieran a las "buenas costumbres ni a las leyes, y con el deber de informar a las autoridades locales" (Torrejano, 2017). Esta disposición eliminó el monopolio casi absoluto que tenía la Iglesia Católica sobre la educación y permitió la creación de colegios privados y públicos con autonomía para definir sus programas académicos y emitir títulos profesionales (Universidad Nacional de Colombia, 1996).

Como se comentó anteriormente, aunque se otorgó libertades, como por ejemplo en la administración de sus currículos y métodos de enseñanza, el Estado conservó un control central para garantizar "ciertos estándares académicos y evitar desviaciones contrarias a la normatividad vigente". Es decir, se desarrolló un equilibrio entre la libertad curricular y un control estatal supervisado, que buscaba mantener la calidad y coherencia educativa dentro del marco constitucional. Esta regulación indirecta garantizaba la vigilancia estatal para que la liberalización en la educación no degenerara en "parcialismos doctrinarios o anticívicos" (Torrejano, 2012).

Hasta entonces, el órgano directriz de la política pública educativa había sido la *Dirección General de Instrucción Pública*, que con esta ley quedaba suprimida, hasta 1853 que se creó por medio del *Decreto del 22 de agosto de 1853*[9] la nueva *Inspección General de Instrucción Pública*. La inspección del estado, tras esta comunicación se tornó "menos drástica y severa" que la de los años cuarenta, pues el "control" del estado sobre la educación trasladó el foco de lo correccional (moral) a lo académico (ética) (Santamaría,1994).

Hasta este punto, es posible observar un reordenamiento diferencial entre los sistemas religioso y educativo. La semántica liberal, que se impuso tras las reformas de mediados del siglo XIX, introdujo irritaciones que modificaron las condiciones de operación del sistema educativo, al

[9] El Decreto del 22 de agosto de 1853 en Colombia es conocido como el "Decreto Orgánico de los Colegios Nacionales". Este decreto reguló la organización y funcionamiento de la educación pública en el país, específicamente en los colegios nacionales. Fue promulgado en un contexto de reformas liberales promovidas durante la presidencia de José Hilario López, que buscaban modernizar el sistema educativo, ampliar el acceso a la educación y secularizar la enseñanza. El decreto es parte de los esfuerzos para estructurar un sistema educativo estatal, con reglas claras para los colegios públicos, enmarcados en los principios liberales de esa época como la libertad de enseñanza y la separación Iglesia-Estado

promover la obligatoriedad y la laicidad como orientaciones estatales. Si bien los sistemas educativo y religioso aún no se encontraban plenamente diferenciados, las comunicaciones del período permiten identificar un desplazamiento en la función del sistema educativo: este comenzó a orientarse menos hacia la formación moral y más hacia la producción de una *ciudadanía civil*, cuyo horizonte se articulaba crecientemente con las expectativas de desarrollo económico. En este sentido, la legislación radical no solo instauró un proceso de desacoplamiento entre educación y religión, sino que abrió un escenario en el que la educación empezó a configurarse como ámbito propio de la sociedad moderna, sometido todavía a una fuerte interferencia estatal, pero encaminado hacia una diferenciación que más adelante permitiría la consolidación del sistema educativo público.

4.1.3. La Universidad Nacional de Colombia y la estabilización de la semántica racional en la educación superior colombiana

La creación de la Universidad Nacional en 1867 y la expedición del *Decreto Orgánico de Instrucción Pública* de 1870[10], impulsadas por los gobiernos liberales, expresan la estabilización de una semántica "racional" que comenzaba a reorganizar las expectativas del sistema educativo frente al progresivo debilitamiento de la semántica moral religiosa como criterio dominante de orientación (Universidad Nacional de Colombia, 1996). Durante el periodo en el que los liberales se hicieron al poder estatal (1863–1880) se promovió una formación práctica y científica asociada a las necesidades económicas del país, en contraste con el énfasis moralizante que había caracterizado etapas anteriores (Safford, 1989).

En este nuevo marco institucional, el sistema educativo incorporó códigos orientados hacia la *especialización académica* y la *producción de conocimiento*, consolidando a la Universidad Nacional de Colombia como organización responsable de "generar" y "transmitir" saber científico

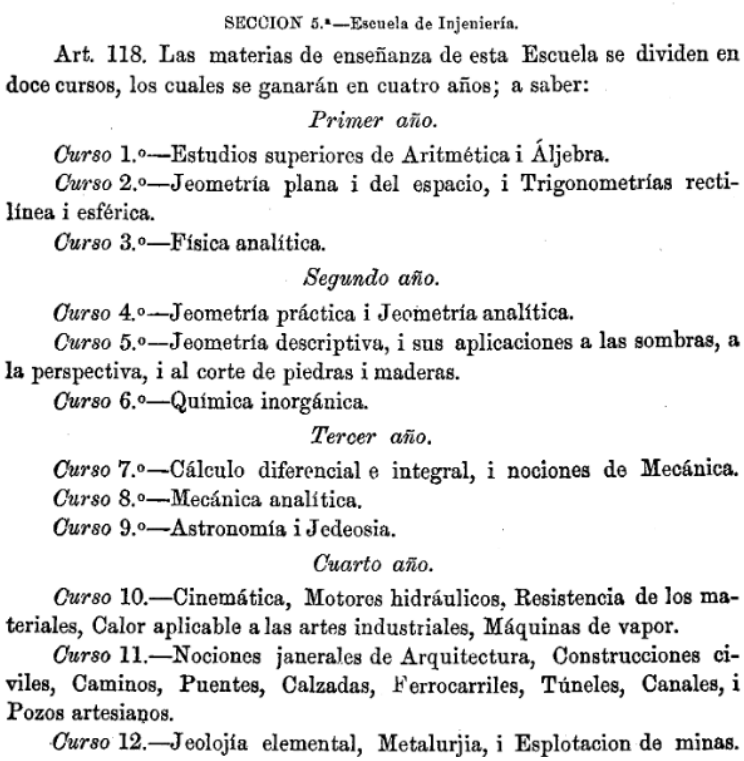
[10] El Decreto Orgánico de Instrucción Pública de 1870 en Colombia fue una norma fundamental para la organización del sistema educativo nacional durante el período federal de los Estados Unidos de Colombia. Este decreto inició la estructura y regulación de la educación pública, dividiendo la acción educativa en tres grandes áreas: enseñanza, inspección y administración. Creó la *Dirección General de Instrucción Pública*, adscrita al *Ministerio del Interior*, con amplias funciones para diseñar programas, fijar textos escolares, organizar bibliotecas, llevar estadísticas y supervisar a los directores de educación en los estados federales. Además, desarrollaron cargos como el director general de Instrucción Pública, nombrado por el presidente con aprobación del Senado, y reguló la organización estatal, definiendo roles de autoridad y sanciones por mal desempeño. Fue un paso importante hacia la centralización administrativa del control educativo y la promoción de la educación pública en toda la nación bajo principios liberales.

en el plano nacional (Universidad Nacional de Colombia, 1996). Esta reorientación semántica abrió paso a un proceso diferenciador que condujo a la configuración del sistema universitario moderno: un sistema cada vez más especializado, profesionalizante y articulado con las demandas funcionales del entorno económico y político del país (Vargas, 2014). El *Decreto Orgánico de 1870* marcó un punto decisivo al introducir en el sistema una estructura más compleja (enseñanza, inspección y administración) que amplió la capacidad del sistema para procesar expectativas diferenciadas. Esta complejización permitió al sistema educativo tomar distancia de orientaciones previamente dominantes y reorganizar sus operaciones conforme a una "pedagogía" alineada con el desarrollo de las ciencias experimentales y con las exigencias del Estado moderno (Vargas, 2014).

La nueva normativa contribuyó a la estabilización de semánticas y expectativas normativas compatibles con el horizonte ilustrado de una sociedad en proceso de globalización. Justicia, frugalidad, tolerancia, moderación y una referencia universalista a la humanidad comenzaron a operar como criterios de orientación para las comunicaciones educativas, en particular aquellas vinculadas a la formación ciudadana y a la ampliación de las formas de inclusión política (Jaramillo, 1980). La Universidad Nacional de Colombia era una "muestra de la vida general del país" jalonada por procesos de modernización para integrarse más activamente al capitalismo y la cultura universal (Universidad Nacional de Colombia,1996), su proceso diferenciación interna en relación con las disciplinas dio forma a las *Escuelas*: Escuela de derecho, Escuela de medicina, Escuela de ciencias naturales, Escuela de Escuela de ingenieros, Escuela de artes y oficios y, Escuela de literatura y filosofía, marcando un nuevo "estadio" en la organización del conocimiento en la educación superior en Colombia y de la Ingeniería como disciplina.

Así, cada escuela se consolidó como un subsistema especializado regido por códigos disciplinares propios, en el Artículo 2 de la *Ley 66 de 1867* - sobre la creación de la Universidad Nacional - se lee "en cada una de estas Escuelas se enseñen únicamente los ramos especiales que a ella corresponde" (Colombia. Congreso de los Estados Unidos de Colombia, 1867). En este proceso de diferenciación, aún incipiente, la ingeniería como disciplina aún no estaba diferenciada en ramas especializadas, sino que constituía un único núcleo de conocimientos y saberes, como se lee en el plan de estudios definido en el *Decreto Orgánico de la Universidad Nacional de Colombia del 3 de agosto de 1872*:

Figura 1.
Plan de estudios programa de Ingeniería Unal-1872.



SECCION 5.ª—Escuela de Injeniería.

Art. 118. Las materias de enseñanza de esta Escuela se dividen en doce cursos, los cuales se ganarán en cuatro años; a saber:

Primer año.

Curso 1.º—Estudios superiores de Aritmética i Áljebra.

Curso 2.º—Jeometría plana i del espacio, i Trigonometrías rectilínea i esférica.

Curso 3.º—Física analítica.

Segundo año.

Curso 4.º—Jeometría práctica i Jeometría analítica.

Curso 5.º—Jeometría descriptiva, i sus aplicaciones a las sombras, a la perspectiva, i al corte de piedras i maderas.

Curso 6.º—Química inorgánica.

Tercer año.

Curso 7.º—Cálculo diferencial e integral, i nociones de Mecánica.

Curso 8.º—Mecánica analítica.

Curso 9.º—Astronomía i Jedeosia.

Cuarto año.

Curso 10.—Cinemática, Motores hidráulicos, Resistencia de los materiales, Calor aplicable a las artes industriales, Máquinas de vapor.

Curso 11.—Nociones janerales de Arquitectura, Construcciones civiles, Caminos, Puentes, Calzadas, Ferrocarriles, Túneles, Canales, i Pozos artesianos.

Curso 12.—Jeolojía elemental, Metalurjia, i Esplotacion de minas.

Nota. Tomado de Decreto Orgánico de la Universidad Nacional, por el Ministerio de Gobierno de Colombia, 1872, Sistema Único de Información Normativa.

El *Decreto* también incorporó comunicaciones orientadas a regular la conducta estudiantil desde una moral secularizada, trasladando lo disciplinario del ámbito religioso a los criterios normativos internos del sistema educativo y de la propia organización. Con ello, las expectativas "conductuales" quedaron normadas a través de un sistema propio de reglas, sanciones y formas de amonestación, coherente con la semántica restringida que el decreto buscaba estabilizar. Aunque en el articulado aparecen "valores" como el respeto, la compostura o la diligencia, estos no remiten a referencias doctrinales externas, sino a criterios organizacionales de comportamiento destinados a sostener la operación del sistema. En este sentido, el *Decreto* fijó condiciones de membresía que aseguraban la autorreferencialidad normativa del sistema educativo, afirmando su creciente diferenciación frente al control moral eclesiástico.

La coexistencia entre comunicaciones orientadas por semánticas laicas y aquellas estructuradas en torno a la moral religiosa generó irritaciones de alta intensidad en el entorno, las cuales se manifestaron en conflictos armados como la guerra civil de 1876–1877, conocida como la *Guerra de las Escuelas*, en la que la disputa por la orientación semántica de la educación se expresó en confrontaciones abiertas (González, 2022). En este contexto, la *Regeneración*[11] encabezada por Rafael Núñez operó como un contramovimiento destinado a restablecer la primacía de la moral religiosa en el sistema educativo. El colapso del proyecto liberal a partir de 1876 habilitó la reintroducción del código religioso como criterio normativo estatal, proceso que quedó estabilizado con la *Constitución Política de 1886*, fijada el mismo año en que se fundó la Escuela de Minas. Con la *Regeneración* se restauró el acoplamiento estrecho entre educación y religión y se consolidó un modelo estatal centralizado. El *Concordato de 1887*[12] funcionó como comunicación normativa que estabilizó esta semántica, especialmente en sus Artículos 12°, 13° y 14°, donde quedó explícito el papel de la Iglesia en la orientación moral de la instrucción pública:

> Art. 12. En las universidades y en los colegios, en las escuelas y en los demás centros de enseñanza, la educación é instrucción pública se organizará y dirigirá en conformidad con los dogmas y la moral de la Religión Católica. La enseñanza religiosa será obligatoria en tales centros, y se observarán en ellos las prácticas piadosas de la Religión Católica.
>
> Art. 13. Por consiguiente, en dichos centros de enseñanza los respectivos Ordinarios diocesanos, ya por si, ya por medio de delegados especiales, ejercerán el derecho en lo que se refiere a la religión y la moral, de inspección y de revisión de textos. El arzobispo de Bogotá designará los libros que han de servir de texto para religión y la moral en las universidades; y con el fin de asegurar la uniformidad de la enseñanza en las materias indicadas, este Prelado de acuerdo con los otros Ordinarios diocesanos, elegirá los textos para los demás planteles de enseñanza oficial. El Gobierno impedirá que, en el desempeño

[11] La Regeneración fue un movimiento político surgido en Colombia en la segunda mitad del siglo XIX, liderado principalmente por Rafael Núñez. Su objetivo principal fue transformar la organización política y social del país, que bajo la Constitución de 1863 se había convertido en los Estados Unidos de Colombia, una república federal descentralizada.

[12] El Concordato de 1887 fue un tratado histórico entre Colombia (bajo el gobierno de Rafael Núñez) y la Santa Sede, que reestableció la hegemonía de la Iglesia Católica tras años de conflictos, formalizando a Colombia como estado confesional católico, devolviendo bienes a la Iglesia, dándole control sobre la educación y el registro civil, y estableciendo el fuero eclesiástico, siendo un pilar de la "Regeneración" colombiana y un modelo de acuerdo concordatario.

> de asignaturas literarias, científicas y, en general, en todos los ramos de instrucción, se propaguen ideas contrarias al dogma católico y al respeto y veneración debidos a la Iglesia.
>
> Art. 14. En el caso de que la enseñanza de la religión y la moral, a pesar de las órdenes y prevenciones del Gobierno, no sea conforme a la doctrina católica, el respectivo Ordinario diocesano podrá retirar a los Profesores ó Maestros la facultad de enseñar tales materias (Colombia. León XIII y el presidente de la República de Colombia, 1887).

La reintroducción de la enseñanza moral religiosa al sistema educativo reorientó las condiciones de su acoplamiento estructural con el sistema político y el sistema religioso, modificando el marco desde el cual las organizaciones educativas podían seleccionar sus propias comunicaciones normativas. En este nuevo escenario, la Universidad Nacional de Colombia, que en sus primeros años había operado bajo esquemas de autonomía organizacional y libertad de cátedra, quedó sometida a una regulación más estrecha por parte del Estado. El *Plan Zerda*[13] de 1892 formalizó este giro, al subordinar los procesos decisionales universitarios a lineamientos estatales y morales definidos externamente, limitando la capacidad de la organización para producir sus propios criterios de selección académica y disciplinaria (Vargas, 2014). Esta reconfiguración generó irritaciones particularmente intensas en la Facultad de Ingeniería en Bogotá, que, como consecuencia de la guerra civil y del clima político de la época, fue transformada entre 1881 y 1884 en Escuela Militar e Ingeniería Civil, separándose temporalmente de la estructura universitaria (Universidad Nacional de Colombia, 1996).

En conjunto, este periodo permite observar un proceso no lineal de diferenciación del sistema universitario colombiano, marcado por avances en autonomía organizacional, especialización disciplinar y secularización normativa, así como por contramovimientos orientados a restablecer formas de control moral y político externas al sistema educativo. La creación de la Universidad Nacional y la posterior reintroducción del código religioso evidencian que la diferenciación funcional no operó como una ruptura definitiva, sino como una dinámica contingente y reversible, condicionada por las resonancias entre los sistemas educativo, político y religioso. En este escenario de tensiones estructurales se configuraron las condiciones históricas

[13] En este periodo al sistema se introdujeron saberes que incorporaban las corrientes intelectuales francesas del primer imperio de la restauración y del segundo imperio, así como del pensamiento inglés como, Spencer, Mill, y los filósofos de la escuela escocesa; la filosofía de los negocios de los materialistas norteamericanos y en no pocas ocasiones la pedagogía alemana" (Universidad Nacional de Colombia, 1996).

bajo las cuales emergieron nuevas organizaciones y disciplinas, entre ellas la ingeniería, cuya institucionalización, particularmente en la Escuela de Minas, deberá comprenderse como resultado de estos reordenamientos semánticos y organizacionales más amplios

Comprender estos elementos resulta importante porque permite situar a la Facultad de Minas, desde su origen, en la "disputa" entre un sistema educativo normativizado bajo dogma religioso y un Estado que, aunque aún poco diferenciado, comenzaba a depositar expectativas en disciplinas capaces de organizar materialmente la nación. A partir del próximo capítulo, la observación se centrará específicamente en la Facultad de Minas, para analizar cómo esta organización tradujo estas tensiones en comunicaciones propias y cómo las comunicaciones éticas iniciales que allí se estabilizaron constituyeron las condiciones que, décadas más tarde, permitieron la estabilizaran de nuevas semánticas más especializadas, entre ellas, las de la sostenibilidad y la sustentabilidad.

4.2. Sección 2. Estabilización de las primeras comunicaciones éticas en la Facultad de Minas.

4.2.1. Momento de observación N°1: Observación de las primeras comunicaciones éticas en la Escuela de Minas (1886 – 1960)

Hasta este punto, la observación se ha centrado en el proceso de diferenciación del sistema educativo colombiano, particularmente en su progresivo distanciamiento respecto del sistema religioso. Este recorrido permite advertir que la evolución del sistema aún no ha posibilitado la selección ni la estabilización de formas de comunicación ética plenamente especializadas; por el contrario, estas continúan operando de manera heterónoma, subordinadas a semánticas externas y a criterios normativos provenientes de otros sistemas sociales.

A partir de aquí, la observación se desplaza hacia las comunicaciones emergentes en la Escuela Nacional de Minas, creada en 1886 mediante la *Ley 60 de 1886*. Este cambio de foco no implica perder de vista el entorno, que para entonces había adquirido un "carácter particular", especialmente en el departamento de Antioquia (Ospina, 2011). Dicho entorno formó parte del proceso diferenciador de la Escuela de Minas como organización clave en la modernización e industrialización regional y nacional, tal como lo señaló Mayor Mora (1984).

A manera de punto de partida, este capítulo se apoya en el estudio de Alberto Mayor Mora[14], sobre la formación ética, productiva y cultural impulsada por la Escuela de Minas de Medellín desde su fundación en 1886 hasta mediados del siglo XX. Su investigación, constituye el análisis histórico–sociológico más completo sobre los valores, disposiciones y orientaciones normativas que guiaron a los primeros ingenieros formados en la organización y que incidieron en la vida económica y en la conformación de una élite empresarial regional. Este trabajo ofrece una base empírica sólida para identificar las primeras comunicaciones éticas de la Facultad, y será complementado con aportes de otros estudios fundamentales, entre ellos los de Bravo (1987), Safford (1989), Santamaría (1994), Murray (2012) y Villegas Botero (2016), que han documentado la historia de la Facultad desde distintas perspectivas. En conjunto, estas investigaciones configuran un corpus analítico consolidado que permite reconstruir, con continuidad y consistencia, las primeras comunicaciones éticas de la Facultad de Minas y establecer el punto de partida desde el cual se observará su posterior proceso evolutivo.

Los estudios de Alberto Mayor Mora sobre la Facultad de Minas se extienden hasta 1960, momento a partir del cual, según el autor, comienza a "declinar su liderazgo organizativo" como resultado del proceso de diferenciación de la educación superior en Colombia. Dicho proceso estuvo asociado a la emergencia de nuevas necesidades sociales vinculadas a la complejización de la economía y de las organizaciones productivas, lo que impulsó la creación y consolidación de disciplinas especializadas como administración, finanzas e ingeniería industrial, así como la aparición de organizaciones educativas orientadas específicamente a estos campos (Mayor Mora, 1984).

Este fenómeno no puede comprenderse al margen del entorno nacional, que, como se mostró en el capítulo anterior, aún operaba con bajos niveles de diferenciación funcional. Tal como advierte Safford (1989), hacia finales del siglo XIX y comienzos del XX el Estado colombiano constituía una formación político-administrativa en proceso de modernización. En este contexto, el ingeniero no se configuraba como el experto disciplinar altamente especializado que se reconoce en la actualidad, sino como un profesional polivalente, capaz de asumir de manera simultánea funciones técnicas, administrativas y directivas en las primeras organizaciones empresariales de la región. La relativa indiferenciación entre la ingeniería operativa y las tareas gerenciales, señalada por Mayor Mora, se explica así por las propias condiciones sistémicas del entorno: la nación

[14] Alberto Mayor Mora: Profesor del Departamento de Sociología de la Universidad Nacional.

demandaba "profesionales para todo", y la ingeniería emergió como la disciplina que mejor absorbía y traducía las expectativas modernizadoras del Estado y del incipiente sistema económico.

Los estudios de Mora, Murray, Santamaría y Villegas coinciden en que la constitución de la Escuela de Minas solo resulta inteligible en relación con un entorno regional y nacional cuyas estructuras comenzaban a reordenarse bajo expectativas vinculadas a la expansión del capitalismo industrial, expectativas que el sistema educativo tradujo y procesó mediante formas organizacionales específicas. La naciente burguesía antioqueña, de la cual formaban parte los hermanos Ospina, comenzó a formular demandas crecientes de mano de obra calificada para responder a los retos de la modernización nacional. En este contexto, la Escuela de Minas emergió como una respuesta organizacional orientada a cumplir una función educativa específica: la formación de cuadros técnicos y de una clase obrera calificada necesaria para el desarrollo del país, mediante la traducción de las demandas del entorno económico en programas formativos y perfiles profesionales funcionales a los procesos de industrialización.

Los hermanos Ospina, formados en organizaciones estadounidenses donde la ingeniería ya operaba sobre bases científicas, procedimentales y fuertemente sistematizadas, tradujeron ese modelo cognitivo a la nueva organización. La experiencia de Tulio Ospina en la Universidad de California, marcada por un "énfasis en el orden, el cálculo, la eficiencia y el uso práctico del conocimiento" se convirtió en el horizonte semántico desde el cual se configuraron las primeras orientaciones normativas de la Escuela. Los estatutos iniciales[15], redactados por los fundadores, funcionan como la primera comunicación normativa interna de la organización: fijan los criterios de conducta legítima, establecen los códigos de aceptación y rechazo y definen el marco operativo que orientaría la formación de los futuros ingenieros. Desde allí se estructura una ética profesional coherente con el proyecto modernizador de la región, articulando disciplina, racionalidad técnica y una noción de virtud ajustada a las exigencias de una sociedad en proceso de industrialización (Mayor Mora, 1994).

Una vez consolidada su forma organizativa, la Escuela de Minas comenzó a incorporar semánticas modernizadoras como *taylorismo*, *pragmatismo*, *utilitarismo*[16], que encontraban

[15] Estatutos de la Escuela Nacional de Minas de Medellín, en "Anales de la Instrucción Pública en la República de Colombia", Tomo XI, No. 63, octubre de 1887, Bogotá, pg. 376.
[16] "carácter científico y racional del trabajo" (Mayor Mora, 1984).

legitimación en el sistema económico[17] y en el sistema científico, y que se integraron en la organización mediante procesos internos de selección semántica. Paralelamente, emergió una comunicación ética secularizada que articulaba "responsabilidad, honradez, sobriedad, orden y juicio" como "valores" operativos de la organización, desplazando la moral religiosa hacia el ámbito individual (Mayor Mora, 1984). Estos valores no funcionaban como simples virtudes personales, sino como criterios internos de distinción que permitían "evaluar al buen estudiante" y, posteriormente, al "buen ingeniero", configurando expectativas estables sobre el comportamiento profesional y orientando la selección legítima de conductas dentro de la organización.

A medida que esta estructura interna se fue estabilizando, la Escuela adquirió la clausura operativa necesaria para procesar de forma selectiva las irritaciones provenientes del sistema político y del sistema educativo nacional. Ello indica que la organización había logrado estabilizar una semántica interna y un marco de sentido propio desde el cual orientaba la selección de sus comunicaciones. En consecuencia, aunque a comienzos del siglo XX las presiones estatales promovían la incorporación de prácticas religiosas en las organizaciones educativas, la Escuela restringió dicha exigencia a la inclusión de una asignatura de religión (Mayor Mora, 1984).

El *utilitarismo* y el *pragmatismo* continuaron operando como componentes centrales de su semántica organizativa, en la medida en que expresaban la función que la Escuela había estabilizado: la formación de profesionales capaces de actuar en un entorno económico en expansión y aún caracterizado por bajos niveles de diferenciación funcional.

Si bien esta operación se vio interrumpida por cierres temporales y problemas de estabilización organizacional, para 1911 cuando la Escuela recupera su "carácter como organización independiente" al desprenderse de la Universidad de Antioquia[18], se observa que su

[17] En Antioquia y en Bogotá la ingeniería siguió trayectorias diferenciadas. Según Safford (1989), en Bogotá los ingenieros se acoplaron más al sistema político, actuando como "ingenieros-políticos" y orientando su práctica a disputas administrativas y partidistas. En Antioquia, en cambio, la profesión se vinculó principalmente al sistema económico, centrada en la minería, la industria y la infraestructura, con un carácter más práctico y productivo. Esto expresa acoplamientos estructurales distintos: mientras en Bogotá la profesión se irritaba por expectativas políticas, en Antioquia se estabilizaba como función técnica ligada al desarrollo económico, consolidando una forma particular de diferenciación regional de la disciplina.

[18] La creación de la Escuela Nacional de Minas realmente fue una cesión de la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Antioquia, pero se le dio el carácter nacional, para que el sostenimiento fuese posible con dineros de la Nación, pues todos los intentos anteriores de crear una escuela de esa clase en Antioquia habían fallado por falta de fondos. https://minas.medellin.unal.edu.co/historia

A través del Decreto No. 14 de 1911, la Escuela de Minas adquirió su independencia y comenzó a operar bajo los estatutos iniciales planteados por Tulio Ospina (Mayor Mora, 1984, pp.35–36).

semántica ética continuó operando, siendo factor "clave" y diferenciador para la posterior evolución de la organización.

Según Mayor Mora (1994), el rasgo distintivo de la Escuela de Minas frente a otras organizaciones educativas radicó en la estabilización de una semántica moral específica, que operó como criterio de orientación para la formación de sus ingenieros. Las comunicaciones de la Escuela privilegiaron expectativas de conducta asociadas a la honradez, la sobriedad y el método, las cuales se tradujeron en modos de actuación reconocibles en el entorno, tanto en la aplicación y adaptación de tecnologías como en la resolución de problemas vinculados a la minería, la infraestructura vial y ferroviaria, y la construcción de puentes. Estas expectativas también orientaron los juicios técnicos y las decisiones administrativas relativas a proyectos, contratos públicos y a la conducción del trabajo bajo su responsabilidad.

La lectura propuesta por Mayor Mora permite advertir que la "vigilancia" ejercida por la Escuela de Minas para garantizar ese "sello de calidad" no se limitaba al espacio organizacional inmediato. Una vez egresados, los ingenieros continuaban siendo objeto de observación por parte de sus antiguos docentes, quienes seguían sus trayectorias profesionales con el propósito de verificar que sus conductas, decisiones y desempeños técnicos se mantuvieran alineados con las expectativas éticas y operativas previamente estabilizadas por la organización.

En este mismo horizonte se inscribe la creación, en 1913, de la *Sociedad Antioqueña de Ingenieros* (SAI), constituida a partir de la continuidad organizativa entre estudiantes, egresados y profesores de la Escuela. Esta asociación operó como una prolongación organizacional de la disciplina, capaz de regular criterios propios de membresía y de establecer códigos internos de conducta para sus integrantes. De este modo, la ingeniería antioqueña comenzó a operar bajo una forma asociativa diferenciada, orientada a la autorregulación mediante expectativas éticas ya estabilizadas en la Escuela de Minas. La exclusión de quienes incurrieran en "perversión moral", contemplada en los estatutos iniciales de la *Sociedad*, pone de relieve que el plano ético constituía el eje decisional a partir del cual se definía quién podía integrarse a la comunidad profesional y bajo qué principios debía hacerlo (Santamaría, 1994).

La "responsabilidad" se consolidó como el código estructurante que condensaba múltiples expectativas: puntualidad, cumplimiento contractual, capacidad de mando, honradez administrativa, juicio técnico y disciplina en el trabajo (Mayor Mora, 1984). Bajo este código se integraban las exigencias prácticas de un entorno económico en desarrollo, que requería

profesionales capaces de sostener proyectos empresariales y obras de infraestructura con altos niveles de confiabilidad.

El lema *Trabajo y Rectitud*, adoptado por la Escuela de Minas en 1912, condensa la primera semántica ética de la organización, articulando los dos ejes que estructuraron la formación del ingeniero en su periodo fundacional: Por un lado, *trabajo* se vinculó con la transformación moral que vivía la región, donde, como muestra Murray (2012) el oficio comenzaba a entenderse como una actividad rigurosa, ordenada y guiada por el deber, en la que el joven ingeniero debía "asumir labores con responsabilidad, independencia, rectitud y acierto". Este énfasis en la *responsabilidad* técnica y administrativa se enmarcaba en un proceso más amplio de racionalización del trabajo, mediante el cual la "sociedad antioqueña" comenzó a valorar la disciplina, la eficiencia y la organización sistemática de las actividades productivas. En esta semántica, *trabajo* no designaba únicamente la dimensión operativa de la ingeniería, sino un mandato ético que atribuía sentido moral al ejercicio profesional.

Y por su parte, *rectitud* complementaba este código al expresar la expectativa ética que la organización depositaba en sus egresados, lo que Mayor Mora describió como "valores burgueses" estaban orientados a otorgar legitimidad social al nuevo tipo de profesional surgido en la región (Mayor Mora, 1984). Bajo esta codificación, la rectitud se entendía como la responsabilidad frente al propio oficio y frente a la sociedad, garantizando que el ingeniero actuara conforme a criterios de corrección técnica y conducta confiable. Aunque este horizonte ético estaba inicialmente ligado a las necesidades administrativas y productivas de la época, constituye el punto de partida de la evolución posterior de las comunicaciones éticas: la noción de *responsabilidad* que en este periodo aludía al desempeño eficiente y al buen juicio profesional será la misma que, décadas después, como se observará, se reorientará hacia la consideración del impacto ambiental y territorial de la ingeniería. Por ello, el lema *Trabajo y Rectitud* no solo nombra, sino que sintetiza el primer núcleo semántico desde el cual la Facultad de Minas organizó sus expectativas éticas y configuró la identidad profesional de sus ingenieros.

El reconocimiento del trabajo de Alberto Mayor Mora, Pamela Murray y Peter Santamaría resulta esencial para observar las primeras codificaciones éticas que estructuraron la formación del ingeniero en la Escuela de Minas. Sus investigaciones permiten observar ese horizonte semántico inicial sin que nuestro estudio deba reconstruirlo empíricamente, pues su labor ya ha documentado de manera suficiente la consolidación de las comunicaciones éticas fundacionales. Sobre esta base,

el análisis que sigue se orientará hacia el proceso evolutivo posterior: la variación de la noción de responsabilidad ética del ingeniero, variación que emerge, como se demostrará, en el ámbito de la responsabilidad social y territorial de la ingeniería. En adelante, el interés se desplazará hacia la observación de cómo estas nuevas comunicaciones éticas, relacionadas con el medio ambiente, los impactos socioecológicos fueron seleccionadas y estabilizadas dentro de la Facultad de Minas, configurando una semántica ética distinta a la del periodo fundacional y acorde con las transformaciones contemporáneas.

4.2.1.1. Globalización y complejidad creciente: reconfiguraciones del sistema universitario en la segunda mitad del siglo XX

La reconstrucción de las primeras comunicaciones éticas de la Facultad de Minas, particularmente aquellas identificadas por Alberto Mayor Mora en los años fundacionales, permitió ubicar las comunicaciones que orientaron las expectativas profesionales y éticas de la ingeniería en su etapa inicial. Sin embargo, esa observación abre una pregunta necesaria por el horizonte más amplio en el que dichas comunicaciones adquirieron sentido. La comprensión de la evolución posterior de la Facultad exige desplazar la observación más allá de su dinámica interna y situarla en relación con las transformaciones nacionales e internacionales que, como entorno, permitieron la reconfiguración del sistema universitario nacional. Desde una perspectiva sociológica, ello implica desplazar temporalmente el foco de observación de la organización hacia su entorno y con ello identificar cómo en la emergencia de una sociedad mundial[19] la organización se autoorganizó (autopoiesis).

Lo que sigue, por tanto, ubica este periodo en el marco de los procesos de globalización que empezaron a configurar la educación superior colombiana en la segunda mitad del siglo XX y prepara el terreno para analizar cómo la organización reorientó sus estructuras y funciones en respuesta a estas dinámicas.

A partir de la década de 1940, Colombia se integró con mayor intensidad a un entorno mundial que comenzaba a operar bajo la lógica de lo que Luhmann (2006) *denomina sociedad global*: un espacio comunicativo sin centro, donde los sistemas funcionales, económico, científico, político, educativo, expanden sus operaciones más allá de los límites territoriales. Para entonces,

[19] Ver estado del arte sobre la Globalización.

el país se enfrentaba a problemas de expansión demográfica y urbanización acelerada y con ello a problemas de infraestructura, planeación urbana y rural, además de nuevos retos en industrias extractivas y generación de energía, lo que impulsaría una demanda creciente de profesiones altamente especializados (Murray, 2012).

En este escenario, la Facultad de Minas, ahora integrada formalmente a la Universidad Nacional de Colombia[20], comenzaría a operar en un entorno sistémico más complejo donde la ingeniería además de operar dentro de las expectativas locales abre su "horizonte" a expectativas de orden global. El acoplamiento con el sistema ciencia se fortalece a partir de la variación de sus semánticas internas y con ello la variación de las comunicaciones éticas.

Tras la Segunda Guerra Mundial, emergió un entramado organizacional a escala global que redefinió los flujos de comunicación entre Estados y configuró un entorno de expectativas compartidas a escala planetaria. Como ejemplo de ello, la creación de la *Organización de las Naciones Unidas* (ONU) en 1945, quien formalizó un "régimen de cooperación multilateral" orientado a estabilizar la paz, promover los derechos humanos y coordinar políticas globales de desarrollo (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2025). En este nuevo entorno comunicativo, los Estados comenzaron a operar no solo dentro de semánticas nacionales, sino dentro de un sistema mundial en el que las decisiones, expectativas y orientaciones normativas se articulaban en niveles simultáneos y mutuamente irritables.

En esta misma lógica emergió la *Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO)*, cuya constitución en 1945–1946 "institucionalizó" la idea de que "la paz solo podía sostenerse mediante la circulación global del conocimiento, la ciencia y la cultura". Con ello se fortaleció la tendencia a la globalización del sistema educativo y del sistema científico: las universidades comenzaron a quedar vinculadas a programas internacionales, estándares de producción de conocimiento y expectativas normativas transnacionales (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2025). "Documentos y acciones" tempranas, como la *Convención Universal sobre Derecho de Autor* (1952) introdujeron semánticas normativas de alcance global que reconfiguraron los marcos de observación disponibles para clasificar, proteger y legitimar el conocimiento, mientras que iniciativas posteriores como el *Programa sobre el Hombre y la Biosfera* (1971) reforzaron la

[20] El 22 de septiembre de 1867, el Congreso Nacional sancionó la Ley 66 "con el objeto de organizar una Universidad Pública de la Capital de la República, la que llevará el nombre de Universidad Nacional de los Estados Unidos de Colombia.

articulación entre ciencia, medio ambiente y responsabilidad global" (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 2025).

En el ámbito hemisférico, la creación de la *Organización de los Estados Americanos* en 1948 consolidó una red regional destinada a coordinar políticas, promover la cooperación técnica y fortalecer los sistemas educativos mediante proyectos de integración y desarrollo (Organización de los Estados Americanos [OEA], 2009; Colombia. Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia. 2022). La posterior creación de la *Comisión Interamericana de Derechos Humanos* en 1959 y *el Primer Congreso de Universidades Latinoamericanas* celebrado en Guatemala en 1949, generaron la emergencia de nuevas semánticas globales que generarían irritaciones en el sistema universitario regional.

Caso puntual, la *Carta de Guatemala*, "documento" final del congreso, "consagró" los principios de autonomía universitaria e igualdad de oportunidades, promovió la investigación científica orientada a problemas públicos y le dio forma a la función social de la universidad, como un "compromiso con la dignidad humana, la democracia y la justicia social" (Carta de Guatemala, 1949). Allí se afirmaba explícitamente que las universidades debían "hacer ciencia y también conciencia", articulando el conocimiento con la formación cívica y la responsabilidad ética (Art. 5°).

Además, en el Acuerdo 43° de esta carta se observa:

> Artículo 2° La educación superior debe inspirarse en ideales de comprensión internacional, de colaboración desinteresada entre los hombres de todos los pueblos, eliminando de los medios y de los sistemas de enseñanza de las diferentes disciplinas todo aquello que dificulte esa comprensión y encierre prejuicios basados en los nacionalismos excluyentes y cerrados.
>
> Artículo 3° Las universidades latinoamericanas deben crear Institutos o Escuelas especializadas para el estudio y la investigación de los problemas internacionales. Las que los tengan, deben ampliarlos con miras a la investigación de los actuales problemas internacionales y de los problemas sociales ligados a ellos.
>
> Artículo 4° Las universidades latinoamericanas, por medio de la sección especial a que se refiere el artículo l° de esta resolución, fomentarán la preparación de su personal docente en cuestiones internacionales, el intercambio de profesores y alumnos y la difusión

de las publicaciones destinadas a promover la comprensión internacional. Al efecto, se recomiendan las siguientes medidas:

a) gestionar ante la Organización de las Naciones Unidas y sus organismos especializados, principalmente la Unesco, que catedráticos y estudiantes universitarios seleccionados por las universidades tengan ocasión de cooperar en sus tareas;

b) organizar, de acuerdo con la Unesco, un sistema lo más amplio y completo de becas para que postgraduados y estudiantes universitarios puedan efectuar estudios en países diversos del de su origen;

c) conseguir la más amplia difusión entre todas las universidades latinoamericanas de todas las publicaciones de las Naciones Unidas, de sus institutos especializados, preferentemente de la Unesco; y

d) exigir a los aspirantes a ingresar en las universidades el conocimiento suficiente de por lo menos una lengua extranjera.

Artículo 5° Sugerir a la Unesco y a todos los organismos similares una mayor actividad en beneficio de todas y cada una de las universidades latinoamericanas (Carta de Guatemala, 1949)

Además, para garantizar este proceso globalizador, el *Congreso* dispuso una sección encargada de coordinar la participación latinoamericana en el futuro *Congreso Mundial de Universidades*, explicitando así la incorporación del sistema universitario regional en una "red" de alcance global (Carta de Guatemala, 1949). La delegación colombiana, integrada por profesores de la Universidad Nacional de Colombia como *Vicente Pizano Restrepo, Juan Pablo Llinás y Alberto Camacho* (Carta de Guatemala) participó activamente en este proceso, sellando la inserción del sistema universitario colombiano en esta "red continental". A partir de entonces, la Universidad Nacional de Colombia no solo reacciona a las demandas de los sistemas internos nacionales, sino que también comienza a procesar irritaciones provenientes de la sociedad mundial funcionalmente diferenciada. Estas irritaciones se traducen en nuevas expectativas que la obligan a reajustar sus criterios de legitimación y a articular sus decisiones en un entorno cada vez más interdependiente y complejo (Universidad Nacional de Colombia, 1996).

La creación posterior de la *Unión de Universidades Latinoamericanas (UDUAL)* consolidó esta red, institucionalizando formas estables de cooperación académica y de alineamiento con

organismos multilaterales como la *UNESCO*[21]. Estas comunicaciones globalizadas permitieron el surgimiento en la semántica de la educación superior de principios como la *autonomía universitaria*, la *colaboración interinstitucional* y *la defensa de la universidad como bien público*, los cuales comenzaron a estabilizarse progresivamente como expectativas compartidas en el campo académico latinoamericano.

De manera simultánea, las comunicaciones producidas por organismos multilaterales como la *UNESCO* y el *Banco Mundial* comenzaron a generar irritaciones a escala global, incidiendo en los sistemas educativos al problematizar los criterios bajo los cuales debían reorganizar sus estructuras internas. En este marco, dichas organizaciones introdujeron expectativas orientadas a la ampliación de la cobertura, la profesionalización docente y la formación de capital humano, en sintonía con las demandas de modernización identificadas por análisis contemporáneos (Santamaría, 1994). Un ejemplo de ello en Colombia, como lo advierte Murray (2012), fue la creación del *Instituto Colombiano de Especialización Técnica en el exterior (ICETEX)* impulsado en 1950 por Gabriel Betancur, con el respaldo del presidente Mariano Ospina, del ministro de Agricultura Juan Guillermo Restrepo, egresado de la Facultad de Minas, y de destacados empresarios de Medellín, el *ICETEX* se constituyó con el "propósito de abrir oportunidades de formación en el exterior" para los colombianos. Para ello articuló diversos programas de cooperación técnica gestionados por agencias internacionales presentes en el país desde la década de 1940, entre ellas el *Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo y las Naciones Unidas,* además de iniciativas provenientes de gobiernos como el de Estados Unidos.

En este mismo clima, la *Reunión de Jefes de Estado Americanos en Punta del Este* (1967) operó como un punto de condensación de expectativas hemisféricas. En la *Declaración de los Presidentes Americano*[22], documento emitido como parte de dicha reunión, se observa la creación

[21] Durante la década de 1960, la Facultad de Minas comenzó a inscribirse con mayor claridad en los circuitos internacionales de producción y circulación del conocimiento, evidenciándose en la presencia recurrente de programas y expertos vinculados a la UNESCO. En 1964, la realización del III Congreso Nacional de Matemáticas en la Facultad, con la participación de Carlo Federicci como delegado de este organismo, señaló un incremento en las interacciones entre la universidad y redes científicas transnacionales. Poco después, en 1966, el curso de Geología Aplicada ofrecido por el Centro de Cooperación Científica para América Latina, con apoyo de la UNESCO, reforzó estos acoplamientos al introducir expectativas, metodologías y orientaciones formativas alineadas con estándares internacionales. (Santamaría,1994)

[22] En la Carta se lee el acoplamiento con otras comunicaciones que habían anticipado el impulso globalizador, reseñando comunicaciones como la Carta de Punta del Este, el Acta Económico-Social de Río de Janeiro y en el Protocolo de Buenos Aires de reformas a la Carta de la Organización de los Estados Americanos, de igual manera la Alianza para el Progreso como vía para la promoción del desarrollo de cada región (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967).

el *Mercado Común Latinoamericano* como evolución de la *Asociación Latinoamericana de Libre Comercio y del Mercado Común*, como estrategia para la promoción del desarrollo industrial y el fortalecimiento de las empresas industriales latinoamericanas. La modernización de las condiciones de vida de la población rural, la educación como motor fundamental para el desarrollo[23], la ciencia y la tecnología al servicio de los pueblos[24], el mejoramiento del sistema de salud, el presupuesto militar, entre otros fueron los puntos reseñados en la declaración (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967). La *Declaración de los Presidentes de América* explicitó que los sistemas educativos debían ajustarse "más adecuadamente" a las exigencias del desarrollo económico, social y cultural, y elevó la calidad educativa a un criterio central para estimular la creatividad y responder al rápido avance científico y tecnológico (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967).

Específicamente el *Capítulo V* titulado *"Desarrollo educacional, científico y tecnológico e intensificación de los programas de salud"* se introduce al sistema educativo el concepto de "desarrollo integral" como una prioridad alta en el entorno latinoamericano. Además, las naciones acuerdan "mejorar los sistemas de administración y de planificación de la educación; elevar la calidad de la educación, a fin de estimular el espíritu creador del educando; acelerar el proceso de expansión cuantitativa de los sistemas educativos en todos los niveles", y entre las prioridades señalan:

> e) La ampliación y diversificación de los estudios universitarios, incorporando nuevas carreras indispensables para el desarrollo económico y social;
>
> f) La creación o ampliación de cursos para graduados, por medio de escuelas de especialización;

[23] "Con el propósito de impulsar decisivamente la educación en función del desarrollo, se intensificarán las campañas de alfabetización, se realizará una gran expansión en todos los niveles de la enseñanza y, se elevara su calidad, a fin de que el rico potencial humano de nuestros pueblos pueda hacer un máximo aporte al desarrollo económico, social y cultural de América Latina. Se modernizarán nuestros sistemas de educación, utilizando al máximo las innovaciones educativas y se ampliará nuestro intercambio de profesores y estudiantes." (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967, p.2)

[24] "Latinoamérica se incorporará a los beneficios del progreso científico y tecnológico de nuestra época para disminuir, así, la creciente diferencia que la separa de los países altamente industrializados en relación con sus técnicas de producción y sus condiciones de vida. Se formularán o se ampliaran programas nacionales de ciencia y tecnología y se pondrá en marcha un programa regional; se crearán institutos multinacionales avanzados de capacitación e investigación se fortalecerán los institutos de ese orden existentes en América Latina y se contribuirá al intercambio y progreso de los conocimientos científicos y tecnológicos." (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967, p.3).

> g) La organización de ciclos de renovación para todas las ramas y especies de la educación, de manera que los egresados puedan mantener al día sus conocimientos en esta época de rápido progreso científico y tecnológico (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967).

Como efecto de este proceso de reconfiguración global, los sistemas educativos latinoamericanos comenzaron a procesar comunicaciones bajo la semántica de la "modernización", a las que tenían acceso como parte de las asesorías técnicas provenientes de países desarrollados, en particular de Estados Unidos, orientadas a la investigación, la experimentación y la innovación educativas. Estas comunicaciones interpelaron a los sistemas educativos a reorganizar sus estructuras y programas en función de expectativas de integración latinoamericana, al tiempo que estabilizaban la ciencia y la tecnología como referencias centrales del desarrollo económico. En este marco, la planificación de la política científica y tecnológica se constituyó en una condición estructural para la organización de los sistemas educativos nacionales, elevando la formación universitaria a criterios de funcionalidad y progreso acordados a escala regional.

La *Declaración* propone la creación de un programa regional de desarrollo científico y tecnológico que complemente las políticas nacionales y eleve la capacidad científica de América Latina, con el fin de fortalecer la investigación, la formación de personal especializado, el intercambio de conocimientos y la transferencia de tecnologías, apoyándose en organismos nacionales e internacionales. Asimismo, plantea la creación de institutos multinacionales de posgrado y un fondo interamericano para la formación avanzada de científicos, todo ello coordinado por el *Consejo Interamericano para la Educación, la Ciencia y la Cultur*a y financiado mediante aportes de los Estados, organismos internacionales, universidades y fundaciones (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967).

En Colombia, estas orientaciones hemisféricas encontraron un eco temprano, en la medida en que reforzaban diagnósticos que el país ya venía procesando desde mediados del siglo XX sobre la necesidad de reorganizar su sistema universitario. Una expresión inicial de esta traducción organizativa fue la creación del *Fondo Universitario Nacional (FUN)* en 1954, concebido como un mecanismo de integración del sistema universitario nacional. Su función consistió en articular investigación, docencia y formación avanzada, permitiendo al sistema educativo superior coordinar sus operaciones y fortalecer sus capacidades frente a las crecientes exigencias de una educación

superior progresivamente globalizada. El *FUN* introdujo criterios de financiamiento, evaluación y planificación que incentivaron la cualificación docente, la creación de posgrados y el fortalecimiento de la investigación científica, abriendo así un nuevo horizonte de expectativas para las universidades en Colombia. Su reorganización en 1958 como *FUN-ASCUN*, administrado por un *Consejo de Rectores*, amplió estos acoplamientos entre educación superior, política científica y cooperación internacional, consolidando un marco institucional que preparaba al país para procesar con mayor estabilidad las nuevas irritaciones provenientes del entorno global (Murray, 2012).

En este mismo ambiente reformista, el ciclo de conferencias *La Nación frente a la Universidad* (1957) hizo visible un cambio semántico de gran alcance nacional: las conferencias, apoyadas por la participación de especialistas en educación, docentes, directivos universitarios e incluso antiguos mandatarios, permitieron consolidar una concepción renovada de la universidad como organización al servicio del país, cuyas funciones "social, cultural, científica y profesional" debían orientarse al análisis y la respuesta a los desafíos nacionales. Esta perspectiva, cercana a la que impulsaban los movimientos de reforma universitaria en América Latina, sustentó las transformaciones que comenzaron a gestarse en la Universidad Nacional de Colombia (incluida la Facultad de Minas) a partir de la década de 1960. Su emergencia se articuló, además, con las políticas de desarrollo promovidas por el Estado (Murray, 2012).

Las políticas desarrollistas del *Frente Nacional* (1958–1974) profundizaron esta tendencia al vincular explícitamente educación, técnica y desarrollo. La urbanización acelerada, el aumento demográfico, la industrialización y las demandas asociadas a infraestructura, energía, transporte, minería, materiales y planeación territorial generaron un entorno que exigía mano de obra especializada. El Estado respondió articulando estrategias en consonancia con el clima internacional. Como prueba de ello la destinación de más del 58 % de los recursos educativos de la década a la educación superior, especialmente a la construcción de sedes nuevas para instituciones clave como la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia, la Universidad del Valle y la Universidad de los Andes (Murray,2012).

Estos procesos se vieron reforzados por la disponibilidad de créditos internacionales provenientes del *Banco Interamericano de Desarrollo*, el *Fondo de Depósitos para el Progreso Social* y los programas multilaterales asociados a la *Alianza para el Progreso*. La cooperación técnica generó un flujo de orientaciones que estimuló la modernización administrativa, la expansión de la cobertura universitaria, la actualización curricular y la creación de programas

especializados. Paralelamente, políticas como la *Ley 135 de 1961* (sobre Reforma Social Agraria) introdujeron al entorno exigencias técnicas relacionadas con la racionalización del uso del suelo, la conservación de recursos naturales, la tecnificación agrícola y la infraestructura rural. La creación del Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (*INCORA*[25]) reveló la creciente necesidad de información científica sobre suelos, aguas, productividad, reforestación y vías rurales, constituyendo un conjunto de irritaciones que presionaron al sistema universitario y científico a expandir sus capacidades en geología, ingeniería agrícola, hidrología, agronomía e infraestructura (Santamaría, 1994).

En este contexto, tiene emergencia *Colciencias* (1968) como parte de la respuesta estatal a los nuevos retos nacionales. Colciencias, cuyo nombre completo es *Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación*, fue la organización encargada de formular y ejecutar las políticas públicas en Colombia para el fomento de la ciencia, la tecnología y la innovación. Su objetivo era impulsar el desarrollo del país a través de estas áreas, coordinando esfuerzos y promoviendo la investigación y el desarrollo tecnológico. Según Murray (2012), a partir de este momento histórico se establecieron las condiciones de posibilidad para el salto hacia la "institucionalización" de la investigación en la Facultad de Minas.

Con ello, el sistema universitario colombiano entró en una fase de diferenciación funcional más definida, en la que la investigación aplicada, la formación avanzada y la cooperación internacional comenzaron a consolidarse como dimensiones estructurales del sistema educativo. Para la Facultad de Minas, este nuevo horizonte implicó reconfigurar sus estructuras internas, expandir la oferta académica, desarrollar capacidades de investigación y participar activamente en la producción de conocimiento técnico especializado. Las comunicaciones globales en materia científica y tecnológica operaron como irritaciones que provocaron la reorganización de las operaciones de las universidades, ampliando su complejidad interna y transformando sus horizontes de sentido en el marco de una sociedad mundial crecientemente interdependiente.

[25] El Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA) se creó mediante la Ley 135 de 1961 durante el gobierno de Alberto Lleras Camargo, como entidad adscrita al Ministerio de Agricultura, con personería jurídica, autonomía administrativa y patrimonio propio. Surgió en el contexto de la Alianza para el Progreso, impulsada por Estados Unidos, para abordar la desigualdad rural en Colombia mediante la redistribución equitativa de tierras y el fomento de la economía campesina (Colombia. Congreso de la República, 1961).

4.2.1.2. Sobre la traducción a las expectativas del entorno nacional: incremento de la complejidad interna en la organización.

Las políticas modernizadoras en Colombia de mediados del siglo XX reconfiguraron el entorno del sistema educativo al situar el conocimiento técnico-científico como una expectativa central para la industrialización, la planificación urbana y la expansión de la infraestructura nacional. En este marco, la Universidad Nacional de Colombia emergió como una organización capaz de procesar dichas exigencias, operando como un punto de acoplamiento entre el sistema político, el sistema científico y el sistema educativo. La Facultad de Minas, en particular, fue objeto de irritaciones específicas que orientaron la selección de comunicaciones vinculadas a la investigación aplicada, la formación de especialistas y la producción de conocimiento experto, configurando así un perfil organizacional funcional a las nuevas condiciones estructurales del país (Santamaría, 1994). Las respuestas organizativas se dieron, como se evidenciará a lo largo de los próximos apartados, a partir de un proceso de diferenciación interna, que permitió la creación de departamentos y laboratorios, la especialización docente, la diversificación de programas, el incremento de matrículas, la consolidación de grupos de investigación y el fortalecimiento de redes académicas y profesionales; lo que supuso una estructura semántica compleja que le permitió posteriormente procesar y seleccionar elementos del entorno global.

Esta expansión de complejidad organizacional constituyó la base para la transformación posterior de las comunicaciones éticas. La semántica tradicional de la responsabilidad, vinculada inicialmente al desempeño técnico-administrativo del ingeniero, empezó a tener variaciones en la medida en que la Facultad se articuló con debates científicos y con problemáticas ambientales en ascenso. Solo una organización dotada de estructuras especializadas y mecanismos diferenciados de observación podía traducir estas irritaciones en orientaciones normativas más específicas. De ahí que la posterior estabilización de nuevas comunicaciones éticas, como forma de orientación profesional y académica, solo pueda entenderse como el resultado de este proceso de complejización previo, que habilitó a la Facultad para seleccionar, reinterpretar y consolidar nuevas semánticas éticas coherentes con las transformaciones del entorno científico, social y ambiental.

En la década de 1930-1940, el sistema educativo colombiano experimentó profundas irritaciones derivadas de la crisis económica mundial, “situación” que debilitó la capacidad del *Estado Conservador* para sostener el *Proyecto Modernizador* y agudizó el malestar social,

particularmente en las zonas rurales, donde los conflictos por la tierra, la pobreza y la precariedad laboral desencadenaron huelgas, protestas y movilizaciones. El aumento del conflicto social demandó de la intervención estatal para garantizar la integración y cohesión, condiciones que llevaron a la derrota de la hegemonía *Conservadora* y el ascenso al poder del *Partido Liberal* (1930) (Murray, 2012). Esta irritación activó el proceso de reintroducción al sistema educativo de la semántica secularizada que ya había operado a mediados del siglo anterior. Así, con el inicio de la denominada *República Liberal*[26], se impulsó una agenda reformista orientada a la ampliación de la cobertura y el acceso a la educación en todos sus niveles[27], así como la modernización institucional y la transformación del aparato estatal, inspirados en modelos internacionales como el *New Deal*[28] estadounidense y la *Revolución Mexicana* (Melo, 2022).

Durante este periodo, el sistema educativo colombiano experimentó un incremento sostenido de su complejidad interna, acelerado por las decisiones estatales que expandieron su estructura y redefinieron sus programas. Estas variaciones venían tomando forma desde la administración de Enrique Olaya Herrera (1930–1934), con la creación de la Facultad de Ciencias de la Educación (1933) y del Instituto Pedagógico para Señoritas (1934) [29] que introdujo una semántica explícitamente racionalista y científica en la formación docente, fortaleciendo la profesionalización del magisterio (Santamaría, 1994). Con la llegada de Alfonso López Pumarejo (1934–1938), este proceso adquirió mayor densidad estructural. La *Reforma Constitucional* de 1936, inscrita en la denominada *Revolución en Marcha*, introdujo en la Universidad Nacional de

[26] La República Liberal en Colombia, que comprendió el período entre 1930 y 1946, representa una fase histórica clave durante la cual el Partido Liberal logró el poder tras décadas de hegemonía conservadora. Este período estuvo marcado por reformas sociales, económicas y educativas de gran impacto que modernizaron el país. Se destacaron los gobiernos de Enrique Olaya Herrera, Alfonso López Pumarejo y Eduardo Santos, quienes impulsaron reformas agrarias, legislación laboral, fortalecimiento de derechos civiles y la promoción de la industrialización.
En esta época, se establecen derechos laborales como la legalización de sindicatos, el derecho a huelga y una mayor intervención estatal en la economía. También se promovió la separación de la iglesia y el estado, particularmente en el ámbito educativo, y se ampliaron derechos civiles, incluyendo mejoras en el derecho familiar y el sufragio masculino.

[27] ". Entre 1934 y 1938 el presupuesto del Gobierno destinado a la educación creció cuatro veces, de 2,6 % a 8,2% del presupuesto total" (Murray,2012, p.65).

[28] El "New Deal" fue un conjunto de políticas económicas y sociales implementadas por el presidente estadounidense Franklin D. Roosevelt a partir de 1933, para enfrentar los efectos de la Gran Depresión. Consistió en una fuerte intervención del Estado en la economía, buscando reactivar el consumo, el empleo y la inversión, además de establecer controles financieros, mejorar las condiciones laborales, crear sistemas de seguridad social y proteger a los sectores más vulnerables de la población. Fue un proyecto estatal que cambió el rol del gobierno en la economía y la sociedad de Estados Unidos durante la década de 1930 (Cabello,2016).

[29] La Facultad de Ciencias de la Educación en Colombia fue creada oficialmente como parte de la Universidad Nacional mediante el Decreto No. 1990 del 5 de diciembre de 1933, bajo el gobierno de Enrique Olaya Herrera. Un año después, en 1934, se creó también la Facultad de Ciencias de la Educación para mujeres, como apéndice del Instituto Pedagógico para Señoritas, también adscrita a la Universidad Nacional.

Colombia nuevas expectativas en torno a la inclusión y al acceso ampliado, reconfigurando los criterios de membresía organizacional. Este desplazamiento semántico supuso una redistribución de la autoridad normativa al interior del sistema universitario, en la medida en que las orientaciones previamente ancladas en la Iglesia comenzaron a ser sustituidas por referencias estatales y laicas en la definición de los principios que regulaban el acceso, la formación y la legitimidad institucional. Al consagrar la libertad de enseñanza, la reforma explicitó el desacoplamiento entre educación y religión, permitiendo que la Universidad reorganizara sus programas bajo criterios de validez científica y utilidad social[30] (Melo González, 2022). Paralelamente, el aumento del presupuesto educativo entre 1934 y 1938, que cuadruplicó su participación en el gasto estatal (de 2,6 % a 8,2% del presupuesto total) amplió la capacidad del sistema para procesar nuevas expectativas provenientes del proyecto modernizador: campañas de alfabetización rural, expansión de escuelas normales, estandarización curricular, creación de sistemas de inspección y fortalecimiento de la educación secundaria (Murray, 2012). En la educación superior, estas transformaciones convergieron en la reorganización profunda de la Universidad Nacional de Colombia, orientada hacia la producción de conocimiento aplicable y hacia la integración de saberes en una "Ciudad Universitaria" capaz de sintetizar campos disciplinares hasta entonces dispersos.

La reorganización de la Universidad Nacional de Colombia incluyó la "anexión" de la Escuela Nacional de Minas en1936 (se hizo oficial en1939 con el Acuerdo 131 de 1939[31]). Con ello la *Escuela* adquirió una "nueva categoría dentro de la Universidad" y su nombre fue cambiado a *Facultad* Nacional de Minas (Santamaría, 1994, p.167). A partir de este acoplamiento la Facultad reconfiguró su operación organizacional al integrarse en un marco normativo más amplio, en el cual algunas de las comunicaciones normativas ya no dependían exclusivamente de la organización, sino que debían articularse con una estructura jerárquicamente superior. Este

[30] Con relación a la educación moderna Luhmann (2006) sostiene: "Educación al estilo moderno era educación escolarizada conforme al sistema de clases anuales, cuya prestación consistía en regular el acceso a la universidad y, con ello, a la distribución de las posiciones valoradas en la sociedad. La investigación científica debía ser libre, es decir, no sujeta al control religioso o político, sino exclusivamente orientada por teorías y métodos autoformulados. Y, no por último, debía dejarse a la decisión individual si profesar una religión y escoger cuál de ellas; sólo de esta manera parecía lograrse que la religión fuera un asunto de convicción personal y no expresión de un adaptarse a costumbres transmitidas o de un conformismo políticamente impuesto." (p.861)

[31] Las negociaciones adelantadas para su anexión respondieron a una visión compartida sobre el papel de la educación en la transformación del país, tal como lo recuerda Peter Santamaría, al señalar que quienes participaron en este proceso estaban guiados por el propósito de fortalecer una educación entendida como "la base del progreso cultural que alimentaba la idea de un porvenir venturoso para la nación", un objetivo estrechamente ligado al impulso modernizador que, en esos años, abarcó la primaria, la secundaria, la normalista y también la universitaria (Santamaría,1994).

acoplamiento implicó que los "criterios" de aceptación y rechazo, así como las condiciones de membresía[32], quedaran subordinados a las reglas, procedimientos y programas de decisión de la Universidad. Con ello, la organización adquiere una mayor capacidad para procesar complejidad, pero también una menor discrecionalidad normativa frente a su entorno inmediato, sin embargo, la organización como sistema clausurado operativamente conservó su funcionalidad operativa interna, así como su "filosofía" "aunque el *Consejo Superior de la Universidad Nacional* fijaba por acuerdo el programa de estudios y nombraba por resolución los profesores propuestos por la Seccional." (Santamaría, 1994, p.171)[33]. Además, la organización a partir de ese momento adquirió "carácter asesor del Estado", el cual, en su condición *Liberal* y con la clara convicción de que la ciencia era el camino fijo al progreso, "otorgó las condiciones" para que la Facultad reforzara su acoplamiento con el sistema científico. Para ello la organización se encaminó en un proceso de diferenciación interna "guiada a partir de la especialización del conocimiento" con sustento científico (Murray, 2012), es decir, estaba operando en su propia autopoiesis.

A partir de esta nueva inserción en la estructura universitaria, la Facultad de Minas inició un proceso sostenido de reorganización interna que expresó su capacidad para procesar las expectativas del entorno. Ejemplo de ello, entre las décadas de 1930 y 1940 se consolidó una infraestructura académica orientada a incrementar la especialización: se crearon los laboratorios de física, química, mineralogía, resistencia de materiales y electricidad, cada uno funcionando como subsistema encargado de procesar comunicaciones técnico-científicas diferenciadas; más adelante, se fundó la *Planta Metalúrgica Nacional* (1944) y se estableció la *Sección de Minas y Metalurgia* (1946), lo que reforzó la investigación empírica como criterio de validez. De forma paralela, la creación de la *Sección de Arquitectura*[34] (1946) y la diferenciación del programa de *Ingeniería Geológica y de Petróleos* en 1941[35] mostraron que la organización respondía a un volumen

[32] Desde entonces, los requisitos de acceso a la Facultad de Minas fueron regulados por la Universidad Nacional de Colombia. Acuerdo 179 de 1945 - Por el cual se determinan las condiciones de ingreso para la Universidad Nacional en el año de 1946.

[33] A fines del año 1940, la Universidad Nacional aprobó el Reglamento de la Facultad Nacional de Minas de Medellín que en adelante se regiría por el reglamento general de la Universidad, con adiciones y modificaciones impuestas por su tradición y su índole especial, pues sus antecedentes en minería e ingeniería Civil eran distintos de los de la Facultad de matemáticas e ingeniería de Bogotá que resolvía otras necesidades de las dependencias del gobierno.

[34] Esta unidad se separó en 1954 para conformar la Facultad de Arquitectura.

[35] "bajo la decanatura de Gerardo Botero A., consiguieron que fuera aprobada la creación la Sección de Geología y Petróleos en la Facultad Nacional de Minas por Acuerdo del Consejo Superior de la Universidad Nacional No. 107 de noviembre 20 de 1941, ante el pronto cumplimiento del plazo de explotación de la Concesión Petrolera de Mares en 1951, con el propósito de preparar, con diez años de anticipación, los profesionales necesarios para negociar, en las

creciente de expectativas funcionales que no podían ser procesadas con la estructura heredada del periodo fundacional.

El desarrollo del sector petrolero constituye un ejemplo privilegiado para observar cómo esta diferenciación organizacional se vinculó directamente con las demandas estatales. La expansión de las concesiones en Barrancabermeja y el Catatumbo, el dominio de compañías extranjeras como la Tropical Oil Company y el rápido incremento de la producción nacional evidenciaron la necesidad de formar profesionales capaces de intervenir en un ámbito estratégico para la soberanía económica. Bajo el gobierno de Eduardo Santos, esta orientación derivó en la creación del *Ministerio de Minas y Petróleos* en 1940, lo que intensificó la presión por conformar cuerpos técnicos nacionales para "continuar en alguna forma la explotación del petróleo en el país" (Murray, 2012, p.170). En este contexto, la Facultad reorganizó su formación en torno a ciencias aplicadas, geología, mineralogía, petrografía e hidrocarburos, y se convirtió en el sistema organizacional encargado de producir el conocimiento requerido para los retos emergentes. La creación del *Departamento de Ingeniería Geológica y de Petróleos* en 1941 así como la creación de laboratorios como el de *Explotación de minas, Productos del Petroleros y el Laboratorio de Yacimientos* fueron respuestas organizacionales a estas expectativas del entorno[36] (Santamaría, 1994).

En este escenario se observa la emergencia de otros frentes estratégicos que ampliaron las demandas funcionales dirigidas hacia la Facultad. Aunque el petróleo y el monocultivo cafetero constituían los pilares de la economía nacional, el proyecto de industrialización impulsado por el Estado reveló la urgencia de transformar la infraestructura vial como condición para diversificar la producción y articular los mercados regionales (Murray, 2012). Las dificultades en el transporte,

mejores condiciones, un nuevo contrato o, para continuar en alguna forma la explotación del petróleo en el país. La Sección de Geología y Petróleos permaneció por tres años hasta 1943 como una Sección de la Facultad Nacional de Minas cuando la Universidad Nacional autorizó la creación de la carrera como tal para conceder el título de Ingeniero de Geología y Petróleos […] La carrera de Geología y Petróleo, adscrita a la Facultad fue la primera que funcionó en el país y la que aportó los primeros profesionales, tanto para la empresa privada como para la oficial, que asumieron y reemplazaron algunas funciones de los técnicos extranjeros que tenían a su cargo los contratos de la exploración y explotación de las concesiones petroleras. Con ellos se gestó la creación de la Empresa Colombiana de petróleos, Ecopetrol en 1951" (Santamaría, 1994, p.169-170)

[36] Es importante recordar que "La Universidad Nacional de Colombia surgió como una iniciativa del liberalismo radical, cuyo objetivo explícito era organizar una Universidad Pública para la capital de los Estados Unidos de Colombia. Su creación respondió a un doble propósito: por un lado, *consolidar un proyecto académico y científico capaz de apoyar el desarrollo nacional* en un contexto donde la economía apenas comenzaba a mostrar signos de progreso; por otro, afirmar la soberanía del Estado en materia educativa, disputada con los sectores conservadores y eclesiásticos que se oponían a una universidad laica, considerada por ellos una expresión del "liberalismo ateo" (Universidad Nacional de Colombia, 1996).

la ausencia de carreteras en buen estado y los altos costos logísticos aparecían como obstáculos estructurales para el desarrollo industrial emergente. En este escenario, la *Ingeniería Civil* y la *Ingeniería de Transportes* comenzaron a diferenciarse como disciplinas especializadas, pues se requerían expertos capaces de diseñar, construir y mantener obras públicas que permitieran la circulación eficiente de bienes y personas. La Facultad respondió reorganizando su estructura académica en torno a estos requerimientos: fortaleció la formación *en topografía, mecánica de suelos, estructuras y vías*, y orientó parte de sus investigaciones hacia problemas de infraestructura que el Estado no podía resolver con los recursos técnicos disponibles en ese momento (Santamaría,1994).

Para 1941 se dio ingreso al sistema de Sony Jiménez, la primera estudiante mujer en la historia de la Facultad y la primera Ingeniera mujer del país. Su ingreso, que en palabras de Murray (2012) significó un "cambio simple y dramático", inauguró un proceso lento pero irreversible de apertura hacia la "inclusión" femenina en un sistema tradicionalmente masculino, y con ello en palabras de la misma autora, la "feminización" de la facultad[37].

El proceso de especialización técnica se acompañó, además, de un giro en las formas de producción y circulación del conocimiento dentro de la Facultad. En la década de los cuarenta se fortaleció la divulgación científica de la organización mediante la creación de la Revista *DYNA*[38] (1933), que operó como un medio autorreferencial encargado de proyectar la producción académica de la Facultad y, al mismo tiempo, de consolidar nuevas formas de legitimación basadas en criterios científicos. La publicación de tesis, estudios técnicos y artículos de investigación configuró un espacio comunicativo en el que el ingeniero dejaba de ocupar exclusivamente el lugar de ejecutor para asumir también el de productor de conocimiento (Santamaría, 1994). De esta manera, la revista funcionó como medio de difusión y como mecanismo de autodescripción

[37] El estudio de Murray (2012) amplía sobre la introducción de la "feminización" de la Facultad de Minas, con respecto a las primeras mujeres ingenieras referenciadas en su estudio se destaca:
"Sony Jiménez. Aparte (1946), Lilian Jiménez (1950), Gilma Montoe Castrillón (1955), Fanny Córdoba (1954) y Astrid de Greif Montoe (1954). (p.114)

[38] En el registro documental de *Santamaría* (1994, Tomo II, pp. 479–481) se observan 51 artículos publicados por estudiantes de la Escuela entre 1933 y 1939. A partir de los títulos allí recopilados, es posible identificar dos comunicaciones tempranas que insinúan preocupaciones incipientes por temas vinculados al ambiente y la gestión de impactos:
"Consideraciones sobre la silenciación del tráfico en Medellín", de César Arriaga (*DYNA*, n.º 6, 1934), orientado a la mitigación del ruido urbano.
"Utilización de los residuos en la industria", sin autor registrado (*DYNA*, n.º 2, 1935).

organizacional, proyectando a la Facultad como un centro de excelencia científica comprometido con la transformación técnica del país.

Como resultado de esta reorganización y de la expansión de sus acoplamientos con la comunicación científica, la Facultad de Minas procesó una variación en las expectativas que orientaban su operación. A la formación del ingeniero funcional a la gestión técnica y administrativa se incorporaron demandas por la producción de conocimiento científicamente validado, ampliando el horizonte de selección profesional. Esta transformación señala una complejización del código educativo, que dejó de organizarse exclusivamente en torno a la eficacia aplicada para integrar criterios de validación epistemológica acordes con un entorno nacional en proceso de modernización. En el entorno nacional, la ingeniería, que desde la creación de la Universidad Nacional se había "consolidado como pieza estratégica del proyecto modernizador del Estado[39], "orientada a la organización racional de la sociedad, el incremento de la productividad y la adopción de saberes científico-técnicos" (Universidad Nacional de Colombia, 1996), alcanzó hacia mediados del siglo XX un momento de madurez semántica.

La celebración en Medellín del *Primer Congreso Nacional de Ingeniería* en 1940 constituyó un hito para la disciplina, al reunir a los principales profesionales y organizaciones vinculadas al sector y expresar la consolidación académica y organizativa de la ingeniería colombiana. Al respecto, se observa en la comunicación derivada del congreso, el objetivo declarado para el mismo: "fortalecer los vínculos entre los ingenieros colombianos y para propender por el adelanto de la técnica nacional" (Bateman, 1944).

La participación de la Facultad de Minas en el comité organizador del Congreso, a través de varios de sus miembros, entre ellos el entonces decano Peter Santamaría, quien lo presidió,

[39] La creciente centralidad pública de los ingenieros en Colombia durante la primera mitad del siglo XX puede corroborarse empíricamente a partir del análisis de Pamela Murray (2012). Según su investigación, entre 1910 y 1953 cerca del 16% de los ingenieros con registro biográficoen su mayoría egresados de la Escuela Nacional de Minas, se destacaron por sus logros en la industria, el Gobierno y la vida cívica. Igualmente, empezaron a tener participación en política: integraron el Concejo Municipal de Medellín, ocuparon aproximadamente un tercio de las curules en la Asamblea de Antioquia entre 1911 y 1931, y ocho de ellos llegaron a la gobernación del departamento entre 1913 y 1960 (Carlos Cock, Juan J. Ángel, Jaime Arango, Alberto Jaramillo, Antonio J. Uribe y José María Bernal.). A nivel nacional, entre 1922 y 1962, ingenieros formados en la Escuela ocuparon regularmente uno o dos ministerios, especialmente Obras Públicas y Hacienda, y alcanzaron incluso la Presidencia de la República (Mariano Ospina Pérez, 1946–1950) o la dirección de la Junta Militar (Rubén Piedrahita Arango, 1957–1958) (p. 89-90)

[40] De los 38 trabajos presentados en el Primer Congreso Nacional de Ingeniería 1944. Basados en los títulos (*Santamaría*,1994, Tomo II, pp. 488–489) En ninguno se observan comunicaciones relacionadas con temas de cuidado ambiental.

constituye una doble evidencia analítica. Por una parte, permite observar que, en este periodo, la Facultad se integró activamente a una red nacional de enseñanza de la ingeniería, contribuyendo al acoplamiento del sistema educativo en torno a expectativas compartidas de formación profesional. Ello se expresa en los objetivos del Congreso, orientados a fomentar el estudio de los problemas técnicos de la ingeniería y a estrechar los vínculos entre los ingenieros colombianos. Por otra parte, el temario del evento ofrece un registro privilegiado de las semánticas nacionales en materia de ingeniería, a través de las cuales se definían los problemas relevantes, los saberes legítimos y los criterios de especialización que comenzaban a estabilizarse en el campo profesional, ver *Tabla 5:*

Tabla 5.
Temas abordados en el Primer Congreso Nacional de Ingeniería.

Temas
Ciencias sociales, defensa profesional, ciencias puras
Ingeniería de materiales, cimentaciones y muros, puentes y estructuras
Ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, obras hidráulicas, puertos y obras marítimas y fluviales
Ciencias aplicadas, minas y petróleos, química industrial
Ingeniería militar, naval y aeronáutica. Topografía y catastro
Ferrocarriles
Caminos y pavimentos
Ingeniería municipal y sanitaria
Edificación, urbanismo y arquitectura.

Nota. Adaptado de *Primer Congreso Nal. De Ingeniería*, por A. D. Bateman, 1944, *DYNA*, *11*(50), p. 3.

Con relación a las recomendaciones emergidas del mismo[41], se observan las expectativas nacionales a las que hacía frente la profesión, a saber: necesidades en la ampliación de la infraestructura nacional, la construcción de nuevas vías, nuevos puertos, los retos de urbanismo, el fortalecimiento del transporte aéreo, la generación de energía eléctrica y el fortalecimiento de las redes entre organizaciones en el entorno nacional (Bateman, 1944).

La ausencia de referencias a cuestiones ambientales muestra que el "medio ambiente" aún no integraba el horizonte semántico de la ingeniería nacional como una variación seleccionada. No

[41] En Santamaría, 1994, Tomo II, pp. 489–490.

obstante, los problemas planteados en el *Congreso* revelaban la urgencia de transitar hacia una ingeniería especializada[42], capaz de responder a desafíos crecientes y técnicamente complejos. Esta irritación llevó a una reconfiguración interna de la Facultad, que ya no podía seguir operando con los supuestos formativos del periodo fundacional, ahora requería mayor cualificación docente[43], programas diferenciados y vínculos más estrechos con el sistema científico. En palabras de Safford (1989) las profundas transformaciones que experimentó la profesión durante la década de 1960 solo fueron posibles porque el entorno creó las condiciones para que tales cambios pudieran procesarse organizacionalmente. Según su análisis, las discusiones que se producían en el ámbito nacional sobre la delimitación de las fronteras de sentido de la profesión se encontraban crecientemente atravesadas por vínculos internacionales y por una apertura progresiva hacia dinámicas globales de cooperación, circulación de conocimiento y evaluación técnica. En términos sistémicos, Safford identifica un momento en el que Colombia comenzaba a inscribirse con mayor claridad en una sociedad mundial funcionalmente diferenciada, en la cual los acoplamientos entre economía, educación, ciencia y política incrementaban la presión sobre las organizaciones nacionales, entre ellas la Facultad de Minas, obligándolas a reconfigurar sus estructuras internas para procesar expectativas cognitivas y funcionales que excedían el ámbito local.

Una de las recomendaciones del *Congreso* consistió en designar una comisión integrada por los delegados que, además de participar en el evento, fueran miembros de las *Cámaras Legislativas*, con el fin de estudiar y presentar al *Congreso Nacional* una serie de disposiciones complementarias a la *Ley 94 de 1937*[44] (Por la cual se reglamentó el ejercicio de la profesión de ingeniería). Entre los puntos señalados para su revisión se incluían: la reglamentación del ejercicio profesional de ingenieros extranjeros en todas las ramas de la ingeniería; la adopción de normas

[42] En el plano nacional, la Facultad de Minas se consolidó como un referente académico por su capacidad para diferenciar la ingeniería en múltiples campos funcionales, ajustando la formación y la producción de conocimiento a las irritaciones y demandas del entorno (Safford,1989)

[43] En respuesta, en 1945 se crea la Asociación de Profesores de Tiempo Completo de la Universidad Nacional de Colombia con lo cual la organización consolidó un profesorado capaz no solo de transmitir conocimiento, sino de producirlo, incorporando dinámicas de investigación científica y metodologías de enseñanza rigurosas, además, se promovió la formación avanzada de profesores mediante becas para estudiar en universidades extranjeras, particularmente en Estados Unidos y México (Santamaría,1994).

[44] La Ley 94 de 1937 reglamentó de manera integral el ejercicio de la ingeniería en Colombia, estableciendo que la dirección técnica, interventoría, contratación y diseño de obras públicas debían ser realizadas por ingenieros matriculados, definiendo además las condiciones para obtener dicha matrícula. La ley creó el Consejo Profesional de Ingeniería y sus seccionales como autoridad encargada de inscribir, vigilar y sancionar a los profesionales, fijó excepciones para pequeñas obras municipales, reguló la participación de ingenieros en contratos públicos, estableció requisitos para agrimensores, constructores y estudiantes, e introdujo normas sobre planos y cálculos estructurales en edificaciones (Colombia. Congreso de la República, 1937).

que obligaran a las compañías extranjeras que operaban en el país a garantizar condiciones laborales equivalentes para ingenieros nacionales y extranjeros; la creación de un escalafón de ingenieros al servicio de las obras civiles como parte de la organización administrativa correspondiente; y la gestión de auxilios nacionales destinados a las asociaciones de ingenieros ya existentes o que pudieran establecerse en las capitales departamentales (Bateman, 1944).

Hasta este punto, hemos observado cómo tras la "anexión" de la Facultad de Minas a la Universidad Nacional de Colombia, esta reconfiguró sus condiciones de operación al insertarse en un marco organizacional más complejo, incrementando sus irritaciones y modificando los criterios internos de selección. Este nuevo entorno fortaleció el acoplamiento con el sistema educativo nacional y generó las irritaciones que detonaron un proceso de diferenciación creciente que alcanzó un punto de intensificación en la década de 1960 con la decanatura de Peter Santamaría. Su proyecto académico consolidó estructuras especializadas orientadas a la ampliación de la capacidad organizacional para procesar variaciones provenientes del entorno internacional.

La reconstrucción de este proceso no constituye un desvío del objeto de estudio, sino la identificación de las condiciones evolutivas organizacionales que hicieron posible la variación semántica a partir de la cual la Facultad pudo seleccionar y estabilizar posteriormente nuevas comunicaciones éticas. Con este trasfondo, el siguiente apartado permitirá observar cómo a partir del llamado *Proyecto de Ensanche* la organización profundizó esta diferenciación y se abonó el terreno para la posterior incorporación de nuevas semánticas éticas.

4.2.1.3. Sobre la diferenciación interna y la "modernización" de la Facultad de Minas

El presente apartado se orienta a la observación de la década de 1960, periodo en el cual la Facultad de Minas procesó una acentuada diferenciación interna. En este marco, los aportes de Peter Santamaría cumplen una doble función analítica. Por un lado, sus escritos operan como observaciones de segundo orden que registran, clasifican y describen diversos procesos organizacionales emergentes durante este periodo, constituyéndose en parte del corpus documental que sustenta la reconstrucción histórica de esta investigación. Por otro lado, la gestión de Santamaría como decano de la Facultad de Minas entre 1961 y 1971 es considerada no en términos

de acción individual, sino como una posición organizacional desde la cual se articularon decisiones y comunicaciones relevantes. En este sentido, dicha gestión funcionó como un punto de condensación de expectativas provenientes del entorno, al intensificar los acoplamientos con el sistema científico y educativo a escala global y al orientar la selección de estructuras que incrementaron la complejidad interna de la Facultad[45].

Además, la observación se soportará con los estudios de Safford (1989) y Murray (2012), cuyas contribuciones permiten contrastar la autodescripción organizacional producida por Santamaría con observaciones externas que iluminan las comunicaciones emergentes para entonces en la organización y en el entorno. Este doble movimiento, autodescripción interna y observación externa, permite situar con mayor precisión las variaciones estructurales que, con el tiempo, configuraron las condiciones para la selección y estabilización de nuevas semánticas éticas.

El "*Proyecto de ensanche y necesidades de financiación para la Facultad Nacional de Minas de Medellin.1962"* [46] fue una comunicación interna a través de la cual se observa la descripción de un proceso de "modernización" de la Facultad de Minas como "respuesta" (así lo permitirá ver la evidencia) a las expectativas emergentes en un sistema mundial en proceso de globalización.

Desde finales de la década de 1950, la Facultad de Minas comenzó a reconfigurar su estructura interna en coherencia con las demandas de un entorno crecientemente diferenciado. Inmersa en un contexto de creciente complejidad social, la organización se vio confrontada con la

[45] Peter Santamaría fue una de las figuras centrales en la transformación académica, científica y organizacional de la Facultad Nacional de Minas durante la segunda mitad del siglo XX. Ingeniero formado en la propia institución y posteriormente especializado en Estados Unidos, Santamaría asumió la decanatura entre 1961 y 1971, periodo en el que impulsó un proceso sostenido de modernización estructural orientado a adecuar la Facultad a las nuevas exigencias técnicas, industriales y científicas del país. Su gestión estuvo marcada por la creación y reorganización de departamentos, la actualización de planes de estudio, el fortalecimiento de los laboratorios, la profesionalización del cuerpo docente y la ampliación de la infraestructura necesaria para la creciente demanda estudiantil.
Murray en relación con Peter Santamaría: "En 1944, actuó como presidente de la Primera Conferencia Nacional de Ingeniería de Colombia, y en los años sesenta, presidió varias conferencias similares. Estas actuaciones le permitieron mantenerse al tanto de nuevas especializaciones y tendencias de la Ingeniería. Aún más, en 1958 Santamaría había participado en la creación de ASCUN, un proceso que le habría permitido encontrarse con directivos de otras universidades y estrechar lazos con ellos dentro del Frente Nacional" (p.134).

[46] El denominado Proyecto Ensanche, impulsado durante la administración de Peter Santamaría en 1962, puede comprenderse en términos luhmannianos como una comunicación organizacional estabilizada en forma de programa. Su función consistió en orientar las decisiones de expansión física, reorganización administrativa y modernización académica de la Facultad de Minas. Aunque históricamente se presentó como un proyecto de infraestructura y renovación institucional, en la perspectiva de sistemas se trata de un programa que organiza expectativas y decisiones internas. Al mismo tiempo, dicho programa se inscribe en una semántica más amplia de modernización y desarrollo, dominante en la política educativa y económica de los años sesenta, que permitió legitimar y dotar de sentido las transformaciones emprendidas.

necesidad de intensificar sus procesos de autoobservación y de reflexividad operativa, decidiendo selectivamente qué comunicaciones incorporar y cuáles excluir de su reproducción interna. A esta presión se sumaba el desajuste entre las estructuras disponibles y las expectativas provenientes del entorno: las comunicaciones asociadas a la ingeniería adquirían mayores niveles de especialización y demandaban capacidades que la Facultad aún no había estabilizado. En este escenario, el desarrollo económico del país operó como un generador de irritaciones técnicas que exigían una reorganización interna, particularmente en la composición del cuerpo docente, pues los procesos de industrialización, urbanización y planificación estatal requerían ingenieros formados en campos de conocimiento más delimitados y sustentados en criterios científicos más exigentes.

En este escenario, las transformaciones semánticas que circulaban internacionalmente sobre educación superior, en especial la expansión de modelos universitarios orientados a la investigación, operaron como referencias que ampliaron el horizonte de observación de la Facultad. El contacto en los años sesenta con instituciones norteamericanas como el *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* y la *Universidad de Purdue*, junto con la participación en eventos especializados en ingeniería, modificó las expectativas organizacionales respecto de lo que "debía ser" la formación profesional (Santamaría, 1994). Estas irritaciones actuaron como estímulos que reconfiguraron los criterios internos de la institución y redefinieron lo que la Facultad consideraba posible y necesario para sostener su pertinencia en un entorno académico cada vez más interconectado.

Como parte de este proceso diferenciador, la estructura organizativa se diferenció en Facultad, departamentos, secciones y programas, cada uno con competencias y expectativas propias como se observa en la Tabla *6*:

Tabla 6.
Estructura académica Facultad de Minas finalizando la década de los sesenta.

Departamento de Ingeniería Civil	Departamento de Electricidad y Electrónica
Sección de Mecánica de Sólidos	Sección de Electrotecnia
Sección de Mecánica de Fluidos	Sección de Electrónica y Comunicaciones
Sección de Saneamiento	Sección de Controles y Accionamientos
Sección de Vías y Transporte	Sección de Potencia Eléctrica
Departamento de Tecnología Mecánica	**Departamento de Recursos Minerales y Energía**
Sección de Diseño de Maquinaria	Sección de Minería
Sección de Diseño Térmico	Sección de Petróleos
Sección de Conformación de Materiales	Sección de Metalurgia
Sección de Materiales Metálicos	Sección de Energía
Departamento de Sistemas y Administración	**Departamento de Procesos Químicos**
Sección de Administración	Sección de Termodinámica
Sección de Producción	Sección de Operaciones Unitarias
Sección de Finanzas	Sección de Diseño de Procesos
Sección de Análisis de Sistemas	

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

Se crearon nuevos programas académicos y se separaron otros, la tasa de crecimiento de programas académicos fue de 350%, teniendo en cuenta que para la década anterior (años cincuenta) la Facultad solo contaba con dos programas: Ingeniería de Minas y Civil e Ingeniería Geológica y Petroleros. Para 1970 Santamaría (1994) reporta los programas:

Tabla 7.
Diferenciación programas académicos a partir de la comunicación "Proyecto Ensanche".

Año de Inicio de operación	Programa
1888	Ingeniería de Minas y Civil
1892	Ingeniería Civil (se diferencia)
1941	Ingeniería de Geología y Petróleos
1953	Ingeniería de Minas y Metalurgia (se diferencia)

Año de Inicio de operación	Programa
1960	Ingeniería Administrativa
1967	Ingeniería Industrial
1969	Ingeniería Eléctrica
1969	Ingeniería Mecánica
1969	Ingeniería Química
1971	Ingeniería Geológica (se diferencia)

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

Además, tiene emergencia el primer programa de estudios magistrales con la Maestría en Matemáticas Aplicadas. Las demandas del entorno a las que respondieron algunos de estos programas fueron:

Tabla 8.
Demandas del entorno y respuestas formativas: diferenciación funcional de los programas de ingeniería.

Programa	Objeto
Ingeniería Administrativa	Formar profesionales capaces de gestionar empresas y procesos industriales en expansión, especialmente en sectores como minas, metalurgia, energía y obras públicas. Dotar al país de cuadros administrativos con formación técnica, preparados para dirigir organizaciones modernas y responder a la creciente complejidad económica. Atender la demanda nacional por expertos en planeación, organización y control, áreas claves para el desarrollo productivo del país. Articular la ingeniería con saberes económicos, financieros y de gestión, necesarios para la modernización empresarial y para enfrentar los retos derivados del crecimiento industrial. Responder a la transformación del entorno nacional, donde las empresas y el Estado exigían profesionales capaces de dirigir, no solo de ejecutar, integrando capacidades técnicas y administrativas.
Ingeniería Química	Atender la expansión del sector industrial, especialmente en campos como alimentos, textiles, curtiembres y productos químicos, que requerían personal especializado. Formar profesionales capaces de intervenir en procesos de transformación de materias primas, un punto crítico para modernizar la base productiva del país. Reducir la dependencia de expertos extranjeros, fortaleciendo la capacidad nacional para gestionar procesos químicos industriales. Responder a la necesidad estatal de tecnificar las industrias emergentes, en un contexto de políticas de sustitución de importaciones y modernización económica.

Programa	Objeto
	Incorporar conocimientos científicos aplicados a la industria, consolidando la transición hacia una ingeniería más técnica y especializada dentro de la Facultad.
Ingeniería Eléctrica	Responder a la creciente demanda de energía eléctrica impulsada por la industrialización y la urbanización en el país. Atender las necesidades de diseño, operación y mantenimiento de los sistemas eléctricos modernos que estaban consolidándose. Formar profesionales capaces de gestionar proyectos eléctricos con criterios científicos y técnicos acordes con estándares internacionales. Satisfacer la demanda de expertos en el manejo de redes eléctricas y en la generación, transmisión y distribución de energía. Contribuir a la modernización del sector energético nacional, particularmente en un momento en que la expansión industrial exigía cuadros especializados.
Ingeniería Mecánica	Responder a la creciente demanda nacional de maquinaria y equipos industriales, indispensable para el desarrollo económico del país. Formar profesionales capaces de diseñar, operar y mantener sistemas mecánicos necesarios para la industria y la infraestructura en expansión. Sustituir la dependencia de técnicos extranjeros, creando una base profesional local que acompañara el proceso de industrialización. Apoyar el crecimiento de los sectores productivos asociados al uso de maquinaria pesada, especialmente en minería, manufactura y transporte. Consolidar capacidades técnicas avanzadas dentro de la Facultad, mediante laboratorios, talleres y formación aplicada que elevaran el nivel tecnológico del país.
Ingeniería Civil	Formar profesionales capaces de participar en las grandes obras de infraestructura que demandaba el país, especialmente vías, puentes y edificaciones. Responder a la necesidad nacional de impulsar el desarrollo industrial y mejorar la conectividad territorial mediante sistemas de transporte más eficientes. Capacitar profesionales para la utilización adecuada de los recursos hidráulicos, inicialmente orientada a la explotación minera; labor que luego se extendió a los desarrollos hidroeléctricos, el suministro de agua para las comunidades y el control integral de dichos recursos. Contribuir al fortalecimiento de proyectos de expansión urbana y planificación territorial, en correspondencia con el crecimiento demográfico y las demandas de modernización. Integrar a la ingeniería civil en la solución de problemas públicos estratégicos, especialmente aquellos vinculados con infraestructura, energía y servicios básicos.
Ingeniería de Minas y Metalurgia	Formar profesionales capaces de intervenir en la explotación racional de los recursos minerales, respondiendo a la creciente demanda estatal y empresarial. Atender la necesidad nacional de sustituir mano de obra extranjera, especialmente en sectores dominados por compañías foráneas del ámbito minero y petrolero. Proveer cuadros técnicos que apoyaran la modernización industrial, en un momento en que la minería y la metalurgia se consolidaban como actividades estratégicas para el desarrollo económico.

Programa	Objeto
	Desarrollar competencias científicas y aplicadas en geología, mineralogía, petrografía y procesos metalúrgicos, necesarios para la toma de decisiones en sectores extractivos. Responder a las exigencias generadas por la creación del Ministerio de Minas y Petróleo (1940) y por la política energética nacional, que demandaba técnicos capaces de garantizar soberanía y eficiencia en la explotación de minerales e hidrocarburos.
Ingeniería Geológica	Atender los requerimientos nacionales en exploración de recursos naturales, especialmente minerales, mediante estudios geológicos que permitieran conocer la composición y potencial minero del territorio. Formar profesionales capaces de apoyar al Estado en la organización y fortalecimiento de los servicios geológicos, dada la importancia estratégica del conocimiento del subsuelo para la planificación económica. Proveer estudios básicos para el desarrollo de la industria extractiva, mediante análisis de suelos, rocas, formaciones y estructuras necesarias para la explotación racional de recursos. Responder a la creciente demanda del sector petrolero, que requería conocimientos geológicos avanzados para la localización y evaluación de yacimientos. Apoyar la construcción de infraestructura, al suministrar estudios geológicos indispensables para obras civiles, minería y proyectos energéticos.
Ingeniería Petróleos	Formar profesionales nacionales capaces de intervenir en un sector petrolero hasta entonces dominado por compañías extranjeras. Atender la urgencia de contar con expertos para la explotación racional del recurso petrolero ante el crecimiento acelerado de la industria. Responder a la presión estatal derivada de la creación del Ministerio de Minas y Petróleos (1940) y de los proyectos energéticos nacionales. Afrontar las denuncias gremiales por discriminación laboral frente a profesionales extranjeros en empresas del sector. Consolidar cuerpos técnicos propios que garantizaran el manejo estratégico de una industria fundamental para la soberanía económica del país.

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

La observación a la data de las matrículas muestra un incremento de la tasa estudiantil del 50%.

Tabla 9.
Observación de tasa de crecimiento de matrículas en la organización durante la operación del "Proyecto Ensanche".

Año de observación	N° Estudiantes
1960	453
1961	532
1962	607
1963	640
1964	711
1965	779
1966	894

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

Sumado a este proceso, en el mismo periodo tuvo emergencia el Estatuto del Personal Docente, que estableció las categorías de Instructor Asistente, Instructor Asociado, Profesor Asistente, Asociado, Titular, Emérito y Honorario. Esto dio lugar a una notable expansión de la planta docente, con una tasa de crecimiento del 36% en los periodos 1962 y 1976.

Tabla 10.
Observación de tasa de crecimiento de la planta docente de la organización durante la operación del "Proyecto Ensanche".

Año	N° Profesores
1962	43
1963	45
1964	49
1965	53
1966	60
1967	68
1968	77
1969	86
1970	95
1971	104
1972	110
1973	114
1974	118
1975	120
1976	121

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

La observación también permite identificar diferenciaciones en laboratorios:

Tabla 11.
Observación de la diferenciación de laboratorios en la organización.

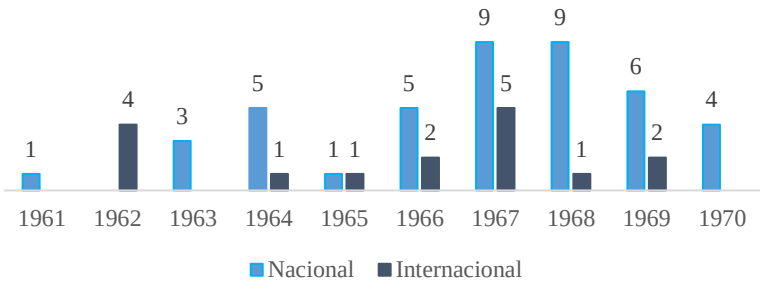
Área	Nombre de laboratorios
Ingeniería Civil	Hidráulica
	Mecánica
	Resistencia
	Gráficos y Dibujos
	Prácticas de Agrimensura
	Cartografía
Ingeniería de Minas	Benéfico de minerales
	Explotación de minas
Ingeniería de Petróleos	Productos del Petroleros
	Laboratorio de Yacimientos
Metalurgia	Ensayes
	Procesos
Ciencias de la Tierra (Departamento)	Paleontología
	Petrografía
	Sedimentología
	Mineralogía
	Geología general
	Geología económica
	Geofísica
	Geografía
Electricidad	Máquinas eléctricas
	Instrumentos de medida
	Bancos de transmisión
	Tableros de control

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

A la observación de este entramado de evidencias se le suma la participación de profesores de la Facultad en eventos académicos nacionales e internacionales. En estos eventos se condensaron comunicaciones especializadas que permitieron el acoplamiento de la organización con el sistema científico y educativo global.

Se observa la participación de la Facultad de Minas en eventos académicos, 73% de ellos de carácter nacional y 27% internacional:

Figura 2.
Observación de participación de los profesores de la organización en eventos Nacionales durante el periodo de operación del "Proyecto Ensanche".



Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

Es este punto es importante comprender que la apertura académica y científica que tuvo la Facultad de Minas es a su vez parte del proceso de modernización y globalización de los sistemas diferenciados a escala global. El establecimiento de vínculos estratégicos y la adhesión a redes organizacionales en el entorno global permite dar evidencia de ello.

Uno de los "nexos" más destacados por Santamaría (1994) durante el proceso de expansión organizacional de la época, fue el establecido con la *Massachusetts Institute of Technology (MIT).* Un acuerdo de cooperación académica y técnica que permitió la reorganización del *Laboratorio de Hidráulica*[47] siguiendo los estándares metodológicos y experimentales del *MIT*, incorporando así prácticas científicas avanzadas en la formación y la investigación de la Facultad. La asesoría del *MIT* definió tanto el diseño como la dotación del laboratorio, incorporando metodologías basadas

[47] ofrecer especializaciones en hidráulica, vías y transporte, y sanitaria, lo que permitió a la Facultad procesar las irritaciones provenientes del entorno asociadas a la expansión de la infraestructura nacional. Esta diferenciación se profundizó a partir de la década de 1950 con la creación y posterior consolidación del Laboratorio de Hidráulica, que operó como una estructura organizacional clave para la estabilización de comunicaciones científicas orientadas al estudio de los recursos hídricos. La articulación con expertos internacionales, la formación avanzada del cuerpo docente y el acoplamiento con organizaciones productivas como las Empresas Públicas de Medellín posibilitaron que la Facultad incrementara su complejidad interna y se posicionara como un referente nacional en hidrología. (Santamaría, 1994)

en la aplicación de principios fundamentales de la hidráulica e hidroeléctrica, el control de inundaciones, los sistemas de drenaje, la regulación de ríos, el mejoramiento de puertos y el estudio de estructuras hidráulicas (Santamaría, 1994). Con su puesta en marcha, la Facultad amplió su capacidad de respuesta a las necesidades del país, en especial las asociadas a la infraestructura hídrica y energética, mediante programas formativos y prácticas científicas estabilizadas, inaugurando una fase en la que la investigación aplicada adquirió un lugar central en la reproducción de la disciplina.

El Laboratorio de Hidráulica se consolidó, además, como el referente que permitió la posterior creación de los programas de Maestría y Doctorado en Aprovechamiento de Recursos Hídricos, evidenciando cómo la incorporación de estándares científicos globales generó variaciones estructurales capaces de incrementar la complejidad interna de la organización.

Esta apertura no se limitó al vínculo con Estados Unidos. En 1970 entró en funcionamiento el "*Convenio de Cooperación entre Suiza y la Facultad Nacional de Minas*", destinado a impulsar la enseñanza, la investigación y la asesoría técnica en los distintos laboratorios de la organización, así como a fortalecer los vínculos entre la Facultad y la industria minera mediante procesos de capacitación especializada. Este convenio, inscrito en el *Acuerdo de cooperación técnica y científica entre la Confederación Suiza y la República de Colombia*, también se articuló con programas ya existentes entre el Instituto de Promoción Organizacional suizo - colombiano (*IPROSCO)*, el Gobierno colombiano y con el contrato vigente entre la Universidad Nacional y la Universidad de Maguncia. Su propósito común consistió en facilitar el intercambio de conocimiento científico, promover la movilidad académica de egresados y posgraduados hacia la Escuela Politécnica de Zúrich y consolidar un entorno organizacional capaz de operar bajo parámetros científicos internacionalmente reconocidos (Santamaría,1994).

El "contacto" con estas organizaciones le permitió a la Facultad de Minas la participación en el *Septuagésimo Tercer Congreso* de la *American Society for Engineering Education* y en el *Segundo Congreso Mundial de Decanos de las Facultades de Ingeniería* realizado en el Instituto Tecnológico de Illinois, en Chicago en 1965. Al respecto Santamaría (1994) expresa:

> Colombia era la primera vez que asistía a un congreso de esta envergadura […] la delegación de nuestro país tuvo la oportunidad de conocer y establecer relación con

numerosos decanos y otros participantes, asistir a las conferencias, visitar los laboratorios, etc.[48] (p.725).

El temario del Congreso y los ejes de discusión que en allí se dieron nos permite observar cómo la educación en ingeniería comenzaba a operar bajo dinámicas de globalización, mediante la producción de semánticas comunes, la estabilización de estándares compartidos y la convergencia de expectativas entre las organizaciones participantes:

Tabla 12.
Temas abordados en el Segundo Congreso Mundial de Decanos de las Facultades de Ingeniería 1965.

Temas
La educación de la ingeniería alrededor del mundo
Procesos de aprendizaje
Interdependencia de la educación y la práctica
Postgrados en ingeniería.
Educación en técnicas de la ingeniería.

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

En el campo de la ingeniería, la discusión internacional exigía una diferenciación creciente de la disciplina, de modo que pudiera abordar con mayor especialización áreas como estructuras, suelos, sistemas, materiales y recursos hídricos. Estas irritaciones ya tenían resonancia en el entorno latinoamericano, donde países como Colombia, México, Venezuela, Argentina, Brasil, Chile y Perú comenzaban a reorganizar sus programas y campos de formación en función de estas nuevas exigencias (Santamaría, 1994, p. 292).

En suma, el establecimiento de estas "redes" como observa Santamaría, además de permitir los referentes semánticos para la reorganización estructural de la Facultad, significan el ingreso de la organización a un sistema globalizado. Al respecto afirmaba Santamaría (1994):

[48] Entre las organizaciones que hicieron parte del congreso se observa: la Universidad de Purdue, a través del Dr. G.A. Hawkins, Universidad de California, Massachusetts Institute of Technology (M.I.T) con el profesor E.J. Mac Garry, Universidad de California con A.B. Rosenstein, D. Rosenstein y otros, (Santamaría, 1994, p.726. t2)

> tuve la oportunidad invaluable de visitar, en sus propias universidades del exterior, a algunos de los Decanos que habían asistido también al Congreso y establecer amistad, con ellos, que se mantuvo por algún tiempo por medio de correspondencia sobre distintos asuntos e intercambio de publicaciones. […] En estas visitas tuve la ocasión de conocer y enterarme del funcionamiento de estos centros de enseñanza de la ingeniería y siempre indagué por los métodos de enseñanza, los temas y los programas de estudio de las distintas carreras. Todo lo anterior me permitió acrecentar el conocimiento sobre los sistemas educativos de otras naciones para proyectar los mejores programas de estudios en la Facultad Nacional de Minas y crear otras carreras de ingeniería adelantándome así con precisión a las exigencias del futuro. (Santamaría, 1994, p.293)

Sobre el acoplamiento del sistema educativo colombiano al sistema global y sobre el acoplamiento con el sistema ciencia comenta:

> Si bien en el pasado, las instituciones educativas, y en algunos casos científicas, fueron constituidas en estricta respuesta a los problemas de una época, los requerimientos actuales de las cambiantes sociedades, dadas la época de plena información y comunicación y las exigencias de desarrollo, imponen una constante reevaluación de los sistemas educativos y de la actitud y valoración de la ciencia y la técnica, pues en cuanto a estas dos últimas, no se ha logrado crear una verdadera tradición que involucre más allá de los cuerpos científicos a los diversos grupos sociales en el ámbito psicológico y una conciencia de su significado. (Santamaría, 1994, p.717. t2)

Este acoplamiento sistémico encuentra aún más sentido, si se tiene en cuenta que para entonces en el entorno regional se establecían relaciones de cooperación entre las naciones. Así lo permite ver la *Reunión de Jefes de Estado Americanos* llevada a cabo en Punta del Este en 1967. Este encuentro fue orientado a la revitalización de la cooperación interamericana y al establecimiento de un programa integral para acelerar el desarrollo económico, social y tecnológico del continente. Los "mandatarios" buscaron consolidar la integración latinoamericana mediante la creación progresiva de un *Mercado Común Latinoamericano,* impulsar la *Alianza para el Progreso*, "modernizar" la infraestructura, fortalecer el comercio exterior, mejorar las condiciones rurales, ampliar la educación y reforzar la salud pública. En este marco, la ciencia y la tecnología

ocuparon un papel estratégico, pues la declaración reconoció que el rezago científico-técnico era un obstáculo estructural para el desarrollo regional. Por ello, se propuso crear políticas nacionales de ciencia y tecnología, un *Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico* y centros multinacionales de investigación y formación avanzada, además de un *Fondo Interamericano para la Formación Científica y Tecnológica*, todo orientado a incrementar las capacidades científicas locales, evitar la fuga de talento y poner el conocimiento al servicio del bienestar y el crecimiento de América Latina. (Organización de los Estados Americanos [OEA], 1967)

En el entorno nacional, la ya mencionada inserción de la organización en la *Asociación Colombiana de Universidades,* le permitió la participación en el *Primer Seminario Nacional de Facultades de Ingeniería*[49] realizado en la Universidad Industrial de Santander en 1966. En este *Seminario* se observa el interés de la ingeniería nacional por el establecimiento de criterios de validez para la especialización de la disciplina y para el procesamiento de las comunicaciones derivadas del entorno mundial en materia de ingeniería. Por ello en el *Seminario*, se establecieron los criterios de estandarización de programas, se estimuló la formación de docentes, se establecieron convenios para la movilidad entre organizaciones tanto para estudiantes como para profesores y los criterios de admisión unificados como condiciones de pertenencia no solo a las organizaciones educativas sino al subsistema de la disciplina en el entorno nacional.

El *Seminario* operó como un mecanismo de coordinación interorganizacional orientado a la reducción de la ambigüedad disciplinar. Las delimitaciones allí producidas funcionaron como fronteras de pertenencia y de identificación, al establecer distinciones que permitieron diferenciar entre lo propio y lo ajeno al campo de la ingeniería; en términos sistémicos, contribuyeron a estabilizar la distinción entre forma y medio que organizaba las comunicaciones profesionales. Ese

[49]"Por iniciativa de la Asociación Colombiana de Universidades y cumpliendo un temario elaborado en noviembre de 1965 por los Decanos de Ingeniería de las Universidades del país se reunió entre los días 3 y 6 de mayo último, en la ciudad de Bucaramanga, el Primer Seminario Nacional de Facultades de Ingeniería. […] la Facultad de Minas estuvo representada, en este importante certamen nacional por el Prof. Ing. Peter Santamaría Decano quien presidió la delegación integrada por los Profs. Ings. Darío Escobar C., Rodrigo Cano G., Gabriel Márquez C., Gabriel Penesso R., Darío Valencia R." (Hiera, 1966, p.56)
También la Facultad presentó tres ponencias: la primera, elaborada por un grupo de profesores, cuyo título fué: "Plan General de Estudios de Ingeniería Civil en Colombia", la segunda titulada "Computadores Electrónicos en la Ingeniería", fue preparada por los Profs. Ings. Darío Escobar C. y Darío Valencia R. y la tercera fué la ponencia elaborada por los Profs. Ings. Rodrigo Cano G. y Juan Carlos Hiedra López sobre un "Método de Unidades para la Evaluación del Estado Actual de un Estudiante" (Hiera, 1966, p.56)
La Facultad Nacional de Minas organizó el Segundo Seminario Nacional de Facultades de Ingeniería en 1968. (Santamaría, 1994)

mismo año (1966), se creó el *Comité Permanente de Trabajo del Grupo de Ingenierías* en el país, enfocado en velar por el cumplimiento de estos "acuerdos" de pertenencia, entre sus funciones se destaca la coordinación de los programas de formación docente, movilidad estudiantil, unificación del calendario académico, políticas de admisión y evaluación del rendimiento. El *Comité* buscó elevar la calidad científica y docente del profesorado mediante visitas mensuales a todas las facultades de ingeniería del país durante dos años (Santamaría,1994).

Entre sus funciones también, se incluyeron conceptuar sobre nuevas unidades docentes, recomendar normas académicas, proponer cooperación interinstitucional, revisar programas de estudio e investigación adaptados al contexto nacional, organizar asambleas y seminarios con la *Asociación Colombiana de Universidades* y el *Fondo Universitario Nacional*, fomentar textos educativos, fortalecer relaciones internacionales y con la industria, y coordinar actividades docentes e investigativas (Hiera, 1966)

En respuesta a estas irritaciones, la Universidad Nacional de Colombia por medio del *Consejo Superior Universitario* implementó una política de expansión y "modernización" de la Universidad. Este plan, denominado "*Plan Básico de la Educación Superior. 1967*" promovió un crecimiento acelerado de las seccionales, configurando un sistema interregional con núcleos especializados en áreas estratégicas; en este marco, la *Seccional Medellín* fue concebida como un "centro de tecnología aplicada orientado a la docencia y la investigación en agronomía, arquitectura, geología e ingenierías". El *plan* incluyó entre otras cosas, la apertura de nuevas carreras, la estructuración de programas integrales de pregrado y posgrado, la reducción de la deserción y la adopción de estándares académicos universales en su dimensión académica más amplia (Santamaría,1994). Dentro de este plan se encuentran las condiciones de posibilidad organizacional que hicieron posible la expansión de la Facultad de Minas durante la administración de Peter Santamaría.

Para 1968, La Facultad Nacional de Minas organizó el *Segundo Seminario Nacional de Facultades de Ingeniería*, entre las recomendaciones del evento se observa: " unificar hasta donde sea posible los programas de estudio, igualar los criterios de admisión de nuevos estudiantes, estudiar mejoramientos académicos para evitar estancamientos y velar por el *desarrollo humanístico de los universitarios*"" (Santamaría, 1994, p. 306).

En Medellín, estas dinámicas adquirieron una intensidad particular a través de circuitos culturales como el nadaísmo, la Nueva Prensa y diversas tertulias intelectuales, mientras que, en el

plano político nacional, persistían los efectos de la violencia bipartidista, el surgimiento de movimientos guerrilleros inspirados en la Revolución cubana y los debates en torno a las multinacionales y la reforma agraria. Estas comunicaciones fueron procesadas al interior de la organización estudiantil, incrementando la tematización política en las comunicaciones producidas por los estudiantes de la Facultad y dando lugar a la formulación de demandas internas mediante paros y protestas.

Frente a este escenario, la Facultad seleccionó como respuesta organizacional la incorporación de cursos de humanidades, idiomas y seminarios de reflexión ética, filosófica y social. Estas incorporaciones ampliaron su repertorio comunicativo y fortalecieron su capacidad de observación y autoobservación, permitiéndole procesar de manera más compleja las expectativas del entorno y orientar la formación de ingenieros en consonancia con un contexto social crecientemente diferenciado.

La Facultad de Minas fue la primera que propuso e incluyó en los programas de estudio de ingeniería en el país cursos de humanidades[50] (ética y lenguaje) (Santamaría,1994, p. 356). En ellos se observa la enseñanza de la ética:

Tabla 13.
Cursos de Humanidades Facultad de Minas década de los sesenta.

N°	Curso[51]	Tema
Curso 1.	Ética y Lenguaje.	Teoría de la concepción cristiana del mundo - Romano Guardini "El ser y el tiempo", "Cartas sobre el Humanismo" - Martín Heidegger
		Programa sistemático sobre teoría de los valores morales en los comportamientos humanos. - (Sin referencia)
Curso 2.	Idiomas	Alemán, francés e inglés.
Curso 3.	Curso de Educación Política	Verdad, Libertad y Paz - Karl Jaspers,
		Cursillo de sociología inicial- Max Weber

[50] "La Facultad de Minas se convirtió así en la primera organización de ingeniería del país que adoptó un estructurado programa de ciencias sociales que le permitió al futuro ingeniero acercarse a las grandes corrientes de pensamiento y a los fenómenos históricos más significativos del país y del mundo sin cuya comprensión es imposible el ejercicio responsable de la profesión. Se superó así el curioso modelo del curso de "cultura general" y se desencadenó un movimiento que culminaría con la creación de la Facultad de Ciencias Humanas en la Universidad Nacional, seccional Medellín. (Santamaría, 1994, pp. 716-718.t2)

[51] "Los profesores a cuyo cargo estaban estos cursos de humanidades eran: Para inglés: Chandler Thomson, integrante de los Cuerpos de Paz, y Roberto Yáñez. Para francés: Michel Hermelín. Para lenguaje español: Bernardo de Nalda. Para alemán, ética, seminario de educación política, curso de antropología filosófica: Daniel Ceballos Nieto. (Director de la Sección de Humanidades)." (Santamaría, 1994, p.371)

N°	Curso[51]	Tema
Curso 4.	Curso de Antropología Filosófica	Lo humano en el hombre - (Sin referencia)

Nota. Adaptado de *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín*. P. Santamaría, 1994, Editorial Diké.

Los cursos de idiomas y las asignaturas de humanidades funcionaban como ofertas de sentido accesibles para todo el estudiantado, independientemente de los requisitos formales del currículo. Aunque el programa establecía ciertos contenidos obligatorios, particularmente ética y lenguaje, cuya inclusión representaba cerca del 5% de los estudios de ingeniería, el resto de los cursos humanísticos operaba como un repertorio de posibilidades que los estudiantes podían seleccionar semestralmente según sus propios intereses. Con relación a los objetivos de estos cursos, afirma Santamaría (1994):

> Uno de los objetivos de la enseñanza de las Humanidades en la Facultad Nacional de Minas era lograr que los ingenieros mejoraran el uso del idioma, hablado o escrito, y pudieran expresar sus ideas con habilidad, precisión y corrección. Asimismo, con otros conocimientos distintos de la ingeniería podrían mejorar su cultura y se "inculcaría a los estudiantes, además del *sentido de los deberes profesionales* y ciudadanos una apreciación por el gusto, el estilo y el arte, en una palabra, por el *humanismo* y la capacidad de reconocerlos y gozarlos en primera categoría, porque en el proceso de diseño, que es el motivo de la ingeniería, se tiene que apreciar que las *leyes se cumplan*. Si se viola la ley física pues el edificio se cae, si se viola una ley económica, la obra no se puede ejecutar y si se violan otros valores que no son ni *leyes físicas, ni económicas*, ni criterios financieros, sino que son *valores*, inclusive de tipo *moral* o en todo caso valores de una escala que da la cultura, tampoco el proyecto no tiene éxito. se construye una represa o se traza una carretera en una zona que causa *daños ecológicos*, o *perjuicios de tipo humano* más que beneficio físico, entonces la obra también fracasa. Una buena preparación del ingeniero debe tender a desarrollar la capacidad individual para hacer y para crear tanto como para pensar y comunicar.” (p. 375)

El recorrido desarrollado a lo largo de este capítulo muestra que la modernización de la Facultad de Minas debe entenderse como un proceso de gestión de tensiones derivadas de la inserción progresiva del sistema universitario en un entorno nacional e internacional crecientemente complejo. En términos luhmannianos, la modernización se expresó en la manera en que la Facultad tradujo expectativas provenientes de los sistemas político, económico, científico y educativo, reorganizando sus estructuras internas para sostener su operación en un escenario marcado por nuevas expectativas de especialización, estandarización y vinculación global. Esta diferenciación interna no constituyó un simple reordenamiento administrativo: fue el mecanismo que permitió elevar la capacidad de la organización para procesar complejidad y, con ello, ampliar sus posibilidades de resonancia frente a transformaciones externas. Tal como señala Luhmann (2006), la ética moderna emerge precisamente en este contexto de diferenciación social, cuando las exigencias normativas comienzan a desbordar los límites de los vínculos morales primarios y reclaman su formalización en dominios funcionalmente especializados. En esa clave, las transformaciones analizadas configuran el trasfondo estructural que, décadas después, hará posible la emergencia y estabilización de una ética especializada, cuya "institucionalización" dependerá de la capacidad de la Facultad para filtrar, traducir e incorporar nuevas sensibilidades ecológicas que provienen del entorno global. La noción de resonancia (Luhmann, 2012) resulta clave para comprender este tránsito: los problemas ecológicos no se vuelven relevantes por su mera existencia, sino porque encuentran en un sistema suficientemente diferenciado los puntos de sensibilidad, los códigos y los programas necesarios para ser procesados. Con esto, el capítulo establece las condiciones históricas y estructurales que explican la forma como las comunicaciones éticas relativas a la sustentabilidad pudieron, más adelante, adquirir sentido dentro de la Facultad de Minas.

4.3 Sección 3. Evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas

4.3.1 Momento de observación N°2: Observación de la variación de los elementos comunicacionales

Dadas ya las condiciones organizacionales a partir de las cuales la Facultad de Minas adquirió capacidad organizacional para filtrar y traducir expectativas del entorno conforme a su

propio código y programas, el tercer capítulo de esta investigación se adentra en la fase de evolución de las comunicaciones éticas.

Para ello, se analizará en primera instancia, las comunicaciones emergentes en el entorno nacional e internacional en materia de educación y de ingeniería, teniendo como base empírica, comunicaciones jurídicas como leyes, decretos, acuerdos que como advierte Luhmann (2012) en la sociedad moderna operan como comunicaciones de los sistemas funcionales que orientan la producción de sentido. Pero, además, se considerarán para el análisis comunicaciones críticas, que advierten los límites y expresan la insatisfacción producida por lo que los sistemas pueden y no pueden hacer. Sobre este trasfondo emergen los movimientos sociales, incluidos los ambientales, cuya fuerza proviene de decepciones estructurales. Aunque sus objetivos no se integran directamente en los códigos funcionales, estas movilizaciones adquieren relevancia porque irrita y presionan a los sistemas a reorganizar expectativas y a reconsiderar sus modos de operación frente a los riesgos ecológicos (Luhmann, 2012).

Para adentrarnos a la fase de variación evolutiva, es importante recordar que esta se produce únicamente por el hecho de que algunos esfuerzos de sentido ya logrados lingüísticamente en el proceso de la comunicación, pueden ponerse en duda o abiertamente refutarse[52] (Luhmann, 2006), para observar este proceso es importante hacerse la pregunta ¿qué "pone en duda" una ética de sentido ecológico y orientada al cuidado de la vida?[53].

[52] Toda variación solo es posible si puede ser percibida como tal, y para que algo sea percibido como una desviación debe existir previamente un trasfondo semántico que defina qué es lo normal, lo conocido y lo esperable. Luhmann (2006) afirma que la comunicación no opera en el vacío: cada nuevo mensaje se enlaza con una memoria del sistema, es decir, con un conjunto de significados, distinciones y expectativas ya estabilizadas. Esa memoria establece qué es familiar y qué encaja dentro de las expectativas de sentido; por eso, una variación solo se reconoce como novedad frente a un patrón previamente sedimentado. Si no existieran esas estructuras previas, la desviación no destacaría, simplemente no sería identificable como tal.
Esto significa que la atención del sistema, lo que logra volverse relevante, problemático o digno de discusión, siempre está guiada por estructuras ya establecidas. Lo novedoso no surge en un terreno neutro, sino frente a un repertorio de semánticas que define lo que cuenta como innovación, como ruptura o como desplazamiento. Por eso, la evolución comunicativa depende tanto de lo que cambia como de lo que ya está sedimentado y permite distinguir ese cambio. Solo podemos hablar de variación si existe una semántica previa que haga visible que algo se ha desviado del curso normal.

[53] En este punto es importante comprender que, en el lenguaje, que es el medio básico de la comunicación social, cada enunciado se expone necesariamente a una bifurcación: puede ser aceptado o puede ser rechazado. Esta dinámica introduce una *reflexividad estructural* en la comunicación: al estar codificada en términos de aceptación/rechazo, la comunicación puede observar sus propios procesos, discutir sus propias afirmaciones y evaluar su propia referencia al entorno. La negación, una vez incorporada a la autopoiesis del lenguaje, no puede eliminarse; se vuelve un componente indispensable para que la comunicación siga diferenciándose y complejizándose. Cuanto más elaborada es la semántica disponible, cuanto más sofisticada es la sociedad, más posibilidades existen para expresar y entender, pero también más oportunidades aparecen para rechazar, cuestionar o contradecir las comunicaciones. De este modo, la complejidad

Los alcances de esta investigación no permiten la observación de la variación de los múltiples elementos del entorno, pero si podemos hacer una observación de conceptos que hacen parte del campo semántico de la sostenibilidad y sustentabilidad, conceptos que en sí mismos serán tratados en esta parte como indiferentes, en la medida en que no han alcanzado para este punto una diferenciación. Es decir, en la fase de variación, se observará la variación de elementos relacionados con el cuidado del medio ambiente en un sentido amplio, posteriormente se verá cómo en el proceso evolutivo estos conceptos se especializan y se diferencian.

La evolución de las comunicaciones éticas, que permitieron la selección de la semántica de la sostenibilidad y la sustentabilidad, debe entenderse como parte de un proceso mediante el cual las eventualidades del entorno se tornaron propicias para ello, ya Luhmann (2006) en relación con la evolución de los sistemas diferenciados afirma que "puede decirse que la evolución es una teoría del aguardar las eventualidades propicias" (p. 328). Con ello, no negamos la existencia previa de comunicaciones relacionadas con el cuidado del medio ambiente como parte de las semánticas de la ingeniería en la Facultad de Minas, en nuestro caso puntual, se trata de observar cómo estas comunicaciones ganaron resonancia hasta ser aceptada y estabilizarse en la estructura organizativa de la Facultad.

Es importante también, considerar que las comunicaciones éticas en tanto que comunicación, se exponen necesariamente a la bifurcación aceptado/rechazado, según Luhmann (2006), esta dinámica introduce una reflexividad estructural en la comunicación: al estar codificada en términos de aceptación/rechazo, la comunicación puede observar sus propios procesos, discutir sus propias afirmaciones y evaluar su propia referencia al entorno. La noción de reflexividad estructural permite entender el viraje ético como una manifestación de la capacidad del sistema universitario, y en particular de la Facultad de Minas, para observar y problematizar sus propias operaciones. Dado que la comunicación siempre se expone a la bifurcación el sistema no solo reproduce sus prácticas técnicas y profesionales, sino que también genera comunicaciones que cuestionan, contrastan y revisan los supuestos bajo los cuales opera. En este sentido, la emergencia de comunicaciones sobre impactos ambientales, límites del desarrollo, responsabilidad intergeneracional o riesgos tecnológicos constituye una variación interna producida por la propia

creciente del lenguaje y de la sociedad amplía simultáneamente las capacidades de aceptación y de negación, reforzando el carácter selectivo y contingente de toda comunicación (Luhmann, 2006).

dinámica comunicativa del sistema, que se vuelve capaz de tematizar y debatir sus efectos en el entorno.

4.3.1.1 La emergencia de la semántica ambiental: variaciones globales en la década de 1970

Las inquietudes relativas a los límites planetarios y a la presión de la actividad humana sobre los recursos naturales no constituyen una invención reciente, sino que pueden observarse como una semántica recurrente en la historia de la comunicación social. Desde las advertencias tempranas formuladas por Tertuliano[54] en el siglo II d. C., en las que la humanidad era descrita como una carga excesiva para la naturaleza, hasta las comunicaciones contemporáneas que tematizan un posible colapso ecológico, se advierte la persistencia de una forma de observación orientada al riesgo. Esta semántica se reactualiza y adquiere mayor complejidad en diagnósticos progresivamente sistematizados, como el Informe Brundtland (1987), el Aviso a la Humanidad (1993) o las declaraciones de la COP-15 (2009), en los que se formula la expectativa de un "punto de no retorno" para la civilización moderna. En este sentido, como señala Gutiérrez (2013), lo que ha variado no es la existencia de la preocupación ambiental, sino su intensidad comunicativa, su formalización institucional y su capacidad para estabilizarse como objeto de observación y de intervención en el nivel de las políticas globales.

Esta recurrencia histórica permite comprender que la "cuestión" ambiental no surge de una sensibilidad espontánea, sino de un proceso acumulativo de problematización. Gutiérrez (2013) muestra que la educación ambiental, una de las respuestas más visibles a esta preocupación, hunde sus raíces en corrientes filosóficas, pedagógicas y científicas de largo aliento. Su genealogía se entrelaza con transformaciones en las ideas sobre naturaleza, progreso y responsabilidad humana, así como con debates educativos que van desde Dewey y Freire hasta la pedagogía constructivista del siglo XX. Según el autor, aunque su consolidación "institucional" ocurre tardíamente, su matriz conceptual se alimenta de tensiones históricas entre desarrollo, degradación ecológica y justicia

[54] Tertuliano, cuyo nombre completo era Quinto Septimio Florente Tertuliano (c. 160-220 d.C.), fue un escritor, apologista y teólogo cristiano primitivo nacido en Cartago, en la actual Túnez, de padres paganos. Formado en retórica, derecho y literatura grecorromana, ejerció como abogado en Roma antes de convertirse al cristianismo alrededor del 195 d.C., lo que lo llevó a dedicarse apasionadamente a la defensa de la fe mediante una prolífica obra en latín, considerada la primera teología cristiana en esta lengua. https://es.catholic.net/op/articulos/19194/tertuliano.html

social. De hecho "la educación ambiental se remonta, de una forma u otra, a más allá de un siglo; sin embargo, hasta la década de 1970 no se tomaron medidas para su materialización" (Gutiérrez, 2013).

Para efectos prácticos de nuestra investigación, tomaremos como punto de partida La Conferencia de la Biosfera de 1968[55], organizada por la UNESCO en París, evento que representó un hito pionero en la historia de la educación ambiental al reunir a expertos de 30 países para discutir las bases científicas del uso racional y la conservación de los recursos de la biosfera. Titulada formalmente Conferencia Intergubernamental de Expertos sobre las Bases Científicas de la Utilización Racional y la Conservación de los Recursos de la Biosfera, impulsó el Programa sobre el Hombre y la Biosfera (MAB), que enfatizó la interdependencia entre humanos y entorno natural. El programa estableció las pautas iniciales para integrar la educación mesológica (término precursor de la educación ambiental) en sistemas educativos, promoviendo materiales didácticos, formación de especialistas y una visión interdisciplinaria que anticipaba preocupaciones globales como la conservación de recursos y la predicción de impactos ambientales (Alonso, 2010).

Una observación a la década de 1970 nos permite identificar un entorno especialmente irritante para los sistemas sociales. La desestabilización económica tras el colapso del sistema de Bretton Woods[56], la crisis del petróleo de 1973 y los procesos simultáneos de recesión, desempleo y endeudamiento en países en desarrollo generaron un cúmulo de contingencias que reconfiguraron las expectativas sociales y políticas. Estos eventos transformaron las condiciones de operación de múltiples sistemas funcionales, desde la economía hasta la política, al introducir incertidumbres difícilmente procesables y abrir espacios para protestas, reformas y nuevas demandas sociales. A nivel global, la descolonización, la caída de regímenes autoritarios y la emergencia de movimientos

[55] Antes de la *Conferencia de la Biosfera de 1968*, diversos hitos internacionales habían ido configurando una incipiente semántica de preocupación por la conservación y la educación ambiental. *La primera Conferencia sobre Protección de la Naturaleza* se celebró en Berna en 1913, y en 1928 entró en funcionamiento la *Oficina Internacional para la Protección de la Naturaleza*. Tras la Segunda Guerra Mundial, estos esfuerzos se reactivaron: en 1946 tuvo lugar en Basilea una nueva conferencia internacional, y en 1948, bajo auspicios de la UNESCO, se fundó en Fonteneblau la *Unión Internacional para la Protección de la Naturaleza*, que desde 1957 adoptó el nombre de *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza* (UICN). Se señala que en esta reunión fundacional se utilizó por primera vez en un encuentro internacional la expresión "educación ambiental". A estos antecedentes se suman la conferencia de la ONU sobre problemas ambientales realizada en Nueva York en 1949, la creación del *Fondo Mundial para la Naturaleza* (WWF) en 1961, el *Simposio Internacional sobre Educación en Conservación* celebrado en Lucerna en 1966, y la creación en 1968 del *Council for Environmental Education* en Gran Bretaña, organismo que subrayó la interrelación entre el medio natural y los entornos transformados por el ser humano, un principio que posteriormente sería adoptado a nivel internacional (Alonso, 2010).

[56] El sistema Bretton Woods: origen, funcionamiento y colapso- https://infopeople.com/el-sistema-bretton-woods-origen-funcionamiento-y-colapso/

sociales marcaron una escena en la que la sociedad observaba sus propias tensiones mediante nuevos códigos y sensibilidades (Gutiérrez, 2013).

En este contexto, los riesgos tecnológicos, evidenciados por accidentes como Seveso[57] (1976) y Harrisburg[58] (1979), generaron fuertes irritaciones en el sistema científico y, especialmente, en el sistema político, que debió responder a cuestionamientos públicos sobre la gestión de la energía y la seguridad ambiental. Tales eventos ampliaron la visibilidad de los problemas ecológicos y activaron redes de protesta que comenzaban a estabilizar comunicaciones críticas sobre la relación sociedad–naturaleza (Gutiérrez, 2013). Es en este marco donde se da la Declaración de Cocoyoc (1974)[59], punto de observación desde el cual emergen comunicaciones diferenciadas sobre "ecodesarrollo". La declaración aborda la crisis global derivada de estructuras económicas y sociales desiguales que impiden satisfacer necesidades básicas humanas mientras presionan los límites de los recursos planetarios. Critica la mala distribución de la riqueza, con el 25% de la población mundial acaparando el 75% de ingresos e inversiones, el desperdicio en países ricos, el subconsumo en pobres y el impacto ambiental de ambos, rechazando que el problema sea escasez física sino explotación y sobreconsumo que agravan pobreza, hambre y degradación ecológica. Propone redefinir el desarrollo centrado en el ser humano, priorizando necesidades básicas (alimento, vivienda, salud, educación) para los más pobres (hasta 40% de la población) (Naciones Unidas, 1981).

El sistema educativo global también reaccionó a este entorno complejo. Las organizaciones internacionales impulsaron reformas orientadas a introducir tecnologías de enseñanza, la estandarización de procesos y el control eficiente del aprendizaje, lo que evidencia una búsqueda por reducir incertidumbre mediante criterios de racionalización interna. Paralelamente, la educación ambiental comenzó a consolidarse como un campo comunicacional propio. Las

[57] El accidente de Seveso (1976) expuso los riesgos inherentes a la creciente complejidad tecnológica de la industria química. La liberación accidental de una nube de dioxina TCDD sobre varias poblaciones del norte de Italia generó graves afectaciones ambientales y sanitarias, así como evacuaciones prolongadas y una profunda inquietud pública. El caso adquirió una alta visibilidad internacional y reforzó la atención sobre los límites del modelo industrial vigente, impulsando debates y movilizaciones ambientales en la década de 1970.

[58] El accidente de Harrisburg, ocurrido el 28 de marzo de 1979 en la central nuclear de Three Mile Island (TMI-2) en Pensilvania (Estados Unidos), es considerado el más grave en la historia nuclear del país. El evento se desencadenó por una combinación de fallas técnicas en el sistema de enfriamiento y errores de operación que provocaron el derretimiento parcial del núcleo del reactor.

[59] "En octubre de 1974 tuvo lugar en Cocoyoc (México) un simposio sobre modelos de utilización de recursos, medio ambiente y estrategias de desarrollo, organizado por el PNUMA y la UNCTAD. Aunque sin valor oficial como documento de obligado cumplimiento, la Declaración de Cocoyoc ha quedado para muchos como modelo de desarrollo adaptado al hombre." (Naciones Unidas, 1981).

Conferencias de Estocolmo (1972) y los seminarios de Belgrado (1975) y Tbilisi (1977) aportaron marcos semánticos que permitieron a las organizaciones educativas procesar las irritaciones ambientales mediante nuevos programas, metodologías y objetivos educativos. Gutiérrez (2013) destaca que este proceso no se limitó a transmitir información, sino que buscó favorecer la formación de competencias ciudadanas y actitudes orientadas hacia la intervención responsable en el entorno.

Asimismo, la proliferación de movimientos ecologistas, revistas especializadas, documentales, campañas públicas y asociaciones profesionales configuró una densa red de comunicaciones que reforzó la tematización ambiental. Estos circuitos comunicativos contribuyeron a que el "problema ecológico" adquiriera estabilidad como expectativa social y se integrara en distintos sistemas, ciencia, educación, política, mediante semánticas diferenciadas que ofrecían diagnósticos, alertas y propuestas de acción.

Sobre la Conferencias de Estocolmo (1972), en la cual tuvo participación Colombia, la comunicación emergente hace explícito que:

> La interdependencia material de todos los pueblos exigía nuevas dimensiones de interdependencia económica, social y política […] y que los factores ambientales debían constituir parte integrante de la estrategia del desarrollo […] para esto, uno de los resultados más prometedores de los preparativos de la Conferencia era la consecución de una nueva síntesis entre el desarrollo y el medio […] Era preciso que la Conferencia adoptara medidas respecto de la propuesta *Declaración sobre el Medio Humano ; la propuesta relativa al Plan de Acción para el Medio Humano ; el Fondo para el Medio Humano*, que tendría carácter adicional con respecto a los recursos que los gobiernos facilitaban para los programas de desarrollo […] Además, había otros sectores que requerían acción prioritaria: la necesidad de comprender y controlar los cambios que el hombre producía en los principales sistemas ecológicos, la necesidad de acelerar la difusión de tecnologías adecuadas al medio y sustituir las tecnologías actualmente nocivas (Naciones Unidas, 1973, p.49)

Estas transformaciones no ocurrieron de forma aislada. A escala internacional, se consolidaban nuevas estructuras de sentido que buscaban rearticular el sistema educativo en torno

a la problemática ambiental. En este marco, el *Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA)*, creado en 1975 por la *UNESCO* y el *PNUMA* y celebrado en Belgrado, Yugoslavia (actual Serbia), reunió a 96 expertos de 65 países para analizar tendencias y problemas en este "campo emergente". Representó la primera gran oportunidad de intercambio global sobre conceptualización de la educación ambiental, debatiendo su filosofía, objetivos y estrategias para la integración curricular, trascendiendo enfoques escolares hacia una visión participativa e interdisciplinaria (Gutiérrez, 2013).

Del *Seminario* emerge la *Carta de Belgrado (un marco general para la educación ambiental)*, comunicación donde "se insta a la humanidad a replantear el concepto de desarrollo y a los individuos, en particular a reajustar sus propios esquemas de prioridades, dando cabida en ellos al compromiso con el medio ambiente y con el resto de la población mundial" (Novo, 1998, p.42). Al respecto se observa en esta comunicación:

Lo que necesitamos es universalizar una ética más humana. Una ética que adopte actitudes y comportamientos para individuos y sociedades en consonancia con el lugar de la humanidad dentro de la biosfera, que reconozca y responda de manera sensible a las relaciones complejas y en constante cambio entre el hombre y la naturaleza y entre los mismos hombres. Deben sobrevenir cambios importantes en todas las naciones del mundo para alcanzar el género de *desarrollo racional* que esté guiado por ese nuevo ideal mundial -cambios que estarán encaminados a conseguir una distribución equitativa de los recursos mundiales y a satisfacer de manera más justa las necesidades de todos los pueblos (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO], 1978).

Con esto se establecen seis objetivos clave: toma de conciencia, adquisición de conocimientos, desarrollo de actitudes, aptitudes para resolución de problemas, capacidad de evaluación y participación ciudadana, exhortando a una "nueva ética mundial" en armonía con el entorno.

Esta comunicación permite observar una variación semántica relevante en torno a la noción de desarrollo. Dicha variación se explicita en la introducción de la idea de un "desarrollo racional", pero se vuelve especialmente visible en la puesta en duda de aquellas políticas que operan en contravía de esta semántica emergente. Como señala la *UNESCO*, "estos nuevos enfoques del desarrollo y del mejoramiento del medio ambiente requieren una reordenación de las prioridades nacionales y regionales", y, en consecuencia, "debe dudarse de las políticas encaminadas a

aumentar el máximo rendimiento económico sin tener en cuenta sus consecuencias sobre la sociedad y sobre los recursos disponibles para mejorar la calidad de la vida" (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO] ,1978, p.2). En este sentido, la nueva perspectiva no cuestiona la idea de desarrollo como horizonte de orientación social, sino su formulación restringida en términos de crecimiento económico y eficiencia productiva. Lo que entra en variación es, así, el núcleo semántico que había vinculado desarrollo con expansión ilimitada y maximización del rendimiento, abriendo el espacio para integrar consideraciones sociales, ambientales y de calidad de vida como criterios legítimos de orientación comunicativa.

Las recomendaciones de la carta incluyeron intercambio internacional de información, centros regionales para proyectos piloto, legislación específica, investigación no escolar, programas basados en resolución de problemas y financiamiento accesible, influyendo en la posterior *Conferencia de Tbilisi* (1977) y consolidando la educación ambiental como herramienta para un "nuevo orden económico mundial" post-*Estocolmo*.

La Declaración de Tbilisi, producto de *la Conferencia Intergubernamental sobre Educación Ambiental* realizada en 1977, consolidó esta nueva racionalidad. Convocada también por la *UNESCO* y el *PNUMA*, esta conferencia articuló de forma más estructurada los principios de la educación ambiental como un proceso permanente, interdisciplinario y orientado a la acción transformadora. Se reconoció, además, la necesidad de adaptar los contenidos a los contextos socioculturales, de integrar conocimientos provenientes de diversas disciplinas y de promover una ciudadanía activa en la resolución de problemas ambientales concretos. Esta redefinición comunicativa no solo empezó a irritar el horizonte normativo del sistema político y educativo, sino que sentó las bases para una institucionalización progresiva de la educación ambiental a escala global, proyectándose posteriormente en documentos clave como la *Carta de la Tierra* y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* (ODS).

En el entorno nacional esta emergencia semántica y normativa se tradujo progresivamente en la estabilización de mecanismos de evaluación de impacto ambiental en proyectos de infraestructura y desarrollo económico, lo que transformó los patrones de interacción entre el gobierno, el sector productivo y la academia. La promulgación de la *Ley 23 de 1973*[60] (por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el código de

[60] Es objeto de la presente ley prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente, y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional (Colombia. Congreso de la República, 1973).

recursos naturales y de protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones) y el *Decreto 2811 de 1974* (Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente), marcó un viraje importante en esta evolución. Ambas comunicaciones, influidas por los principios adoptados en *Estocolmo,* contribuyeron a consolidar la normatividad ambiental en Colombia, redefiniendo las formas de codificación de la acción estatal y articulando eficiencia técnica con racionalidad ecológica.

La *Ley 23 de 1973* emerge como la primera gran norma ambiental moderna en Colombia y tiene como propósito central prevenir y controlar la contaminación, así como promover la conservación, restauración y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables. Declara el medio ambiente como patrimonio común y establece que su protección es una "actividad de utilidad pública" que involucra tanto al Estado como a los particulares. La *Ley* define qué es contaminación, quiénes son responsables de ella y habilita al Gobierno Nacional para fijar niveles permisibles, crear incentivos, coordinar entidades, establecer sistemas de evaluación y aplicar sanciones. Introduce obligaciones para quienes utilizan sustancias contaminantes y establece la responsabilidad civil del Estado y de los particulares por daños ambientales. También incorpora una dimensión educativa al ordenar la inclusión de contenidos ambientales en todos los niveles del sistema educativo nacional. Al respecto, se observa en el Artículo 9°. "El gobierno nacional incluirá dentro de los programas de educación a nivel primario, medio, técnico y universitario, cursos regulares sobre conservación y protección del medio ambiente" (Colombia. Congreso de la República, 1973).

En resonancia con estas comunicaciones la Facultad de Minas inició un proceso de vinculación progresiva de semánticas ambientales emergentes, proceso que se expresa, en primer lugar, a través de su articulación con *la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)* [61], creada en 1975. Esta organización operó como un mecanismo de autorregulación del campo de la ingeniería, estabilizando las comunicaciones entre las facultades, el Estado y el sector

[61] La Asociación en su plan de internacionalización se vincula con diferentes organizaciones a nivel mundial que trabajan con los temas afines a su misión. Para ello se relaciona de manera constante con las siguientes entidades: Asociación Iberoamericana de Instituciones de la Enseñanza de la Ingeniería (ASIBEI), International Federation of Engineering Education Societies (IFEES), Consejo Federal de Decanos y Decanas de la República Argentina (CONFEDI), Tecnológico Nacional de México., Universidad Tecnológica de Oriental, Grupo IMT de Francia y el Acuerdo de Cooperación con la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (OEA). Información en: https://www.acofi.edu.co/la-asociacion/relaciones-internacionales/.

productivo, y permitiendo ajustar los perfiles profesionales a los nuevos marcos normativos del entorno. En este contexto, comenzaron a ampliarse las expectativas formativas orientadas a incorporar criterios de racionalidad ambiental en la educación ingenieril, introduciendo de manera incipiente la consideración de los límites ecológicos del desarrollo dentro de una disciplina históricamente estructurada en torno al aprovechamiento intensivo de los recursos naturales.

Posteriormente, esta resonancia interna se hizo visible con la participación del profesor Darío Valencia en la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua*, realizada entre el 14 y el 25 de marzo de 1977 en Mar del Plata, Argentina. En dicho escenario se consolidaron comunicaciones orientadas a la formación de expertos en hidrología e hidráulica, al fortalecimiento de políticas nacionales de investigación sobre el aprovechamiento, ordenación y conservación de los recursos hídricos. En particular, se enfatizó el potencial de los proyectos hidroeléctricos como alternativas capaces de garantizar el uso permanente del recurso hídrico sin constituirse en una fuente significativa de contaminación (Villegas, 2015).

En suma, las comunicaciones emergentes durante la década de 1970 revelan un punto de inflexión semántico en el que la relación hombre–medio ambiente adquiere una visibilidad inédita dentro del sistema educativo y, en general, en la sociedad mundial. La convergencia entre crisis económicas, riesgos tecnológicos, movilizaciones ecologistas y grandes conferencias internacionales produjo material evolutivo suficiente en torno a las nuevas formas de observación y de codificación del problema ambiental. El sistema educativo en respuesta comenzó a reorganizar sus propias estructuras mediante marcos conceptuales, metodológicos y normativos que paulatinamente integrarían la “sostenibilidad” como criterio formativo. Con este cierre, se hace posible adentrarnos en la década de 1980, periodo en el que estas variaciones se intensifican y se proyectan tanto en el entorno internacional (con nuevas agendas globales sobre desarrollo, conservación y riesgo) como en el entorno nacional, donde Colombia inicia la incorporación más explícita de estas preocupaciones en la estructura universitaria y, de manera particular, en la formación en ingeniería.

4.3.1.2 Variación semántica y expansión de expectativas en el sistema universitario frente a la crisis ambiental

A comienzos de la década de 1980, el sistema universitario colombiano ingresó en una fase de reestructuración normativa y organizacional que modificó de manera significativa su orientación funcional. La expedición del *Decreto 80 de 1980*, "por el cual se organiza el sistema de educación post–secundaria", constituyó un hito en este proceso al redefinir el papel de la educación superior en la sociedad. La norma enfatizó que las organizaciones universitarias debían asumir un "rol activo" en la producción de conocimiento, el fortalecimiento del pensamiento crítico y la promoción de la innovación científica y tecnológica. De forma particularmente relevante para esta investigación, el Artículo 3° introdujo explícitamente la protección y el aprovechamiento racional de los recursos naturales como uno de los fundamentos de la educación superior, al establecer que esta debía promover "la incorporación integral de los colombianos a los beneficios del desarrollo artístico, científico y tecnológico […] y la protección y el aprovechamiento de los recursos naturales para adecuarlos a la satisfacción de las necesidades humanas" (Colombia. Presidencia de la República, 1980). Esta comunicación normativa evidencia cómo, al inicio de los años ochenta, la preocupación ambiental empieza a integrarse en la semántica formativa del sistema universitario. Con ello se habilita un nuevo escenario para la variación: nociones asociadas al cuidado del entorno, antes marginales en la educación superior, comienzan a operar como criterios legítimos para orientar la formación, reorganizar contenidos curriculares y redefinir las expectativas sobre el papel social de la universidad. La incorporación de estas semánticas ambientales amplía el repertorio comunicacional del sistema educativo, introduciendo referencias ecológicas que, con el tiempo, abrirán la posibilidad de nuevas selecciones en las organizaciones educativas, disciplinas y programas académicos.

Este *Decreto* además de redefinir los fines de la educación superior en Colombia, reflejó una tendencia más amplia de la época: el fortalecimiento de la ciencia como recurso estratégico para el desarrollo nacional, en concordancia con los lineamientos planteados por organismos como la *UNESCO* y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe *(CEPAL)*, que promovían la integración de la educación, la ciencia y la tecnología como ejes del progreso regional.

La formalización e institucionalización de la investigación como función sustantiva transformó la manera en que las universidades configuraban sus estructuras internas. En el caso de la Universidad Nacional de Colombia, esto implicó la creación de nuevas dependencias académicas orientadas a la gestión del conocimiento, como las *Vicerrectorías de Investigación* y las *Direcciones Nacionales de Investigación y Extensión*, así como el fortalecimiento de los sistemas

de evaluación científica y la formalización de los grupos de investigación. Este impulso se manifestó en la proliferación de programas de posgrado en áreas estratégicas, ingeniería, ciencias básicas, medio ambiente, y en el desarrollo de proyectos con financiamiento estatal y cooperación internacional, marcando una expansión significativa del campo científico universitario (Villegas, 2016).

El *Decreto 82 de 1980* (Por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones) complementó esta reforma organizacional al reorganizar su régimen interno, dotándola de una estructura de gobierno más robusta y autónoma. Se trató de un reconocimiento explícito de la necesidad de una gestión académica más flexible, capaz de responder a los cambios del entorno y de orientar la universidad hacia una mayor capacidad de reflexión institucional. La autonomía universitaria adquirió un nuevo significado: ya no se trataba solo de independencia frente al Estado, sino de la posibilidad de decidir sobre los propios criterios de validez del conocimiento, los modos de organización académica y las agendas de investigación prioritarias.

La formación científica se configura como un fin organizacional de la Universidad, articulado a criterios de responsabilidad en la producción y aplicación del conocimiento. El Decreto lo formula explícitamente al establecer como uno de los fines de la Universidad "la formación científica para dotar a los estudiantes de una conciencia crítica de las teorías y técnicas, que les permita asumir responsablemente una actitud frente a los fenómenos del mundo contemporáneo" (Colombia. Presidencia de la República, 1980)

Mientras en Colombia la educación superior profundizaba su conexión con el sistema científico, comenzaban a consolidarse, en el entono internacional, marcos normativos y conceptuales que problematizaban la "sostenibilidad" como una condición necesaria para la planificación del desarrollo. Así, la apertura del sistema universitario colombiano a nuevas formas de producción de conocimiento lo tornó receptivo a comunicaciones emergentes que no solo remitían a transformaciones científicas, sino también éticas y políticas, especialmente en torno a la gestión de los recursos naturales.

Una de las primeras comunicaciones que logró irritar al sistema educativo global en esta dirección fue la publicación, en 1980, de *La Estrategia Mundial para la Conservación de los Recursos Vivos para el Logro de un Desarrollo Sostenido* (en adelante *EMC*). Elaborado por la

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con el respaldo del *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA),* el *Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF),* la *FAO* y la *UNESCO*, esta comunicación representó un punto de inflexión en la estabilización del discurso ambiental a escala planetaria (Gutiérrez, 2013). En ella se formuló el concepto de *desarrollo sostenible* (sustainable development) como principio organizador de la acción humana, reconociendo que los modelos económicos vigentes eran insostenibles desde el punto de vista ecológico y éticamente cuestionables en su relación con el entorno natural. Según Gutiérrez (2013), la expresión *sustainable development* comenzó a circular de manera oficial a partir de este momento histórico. La *estrategia* introdujo esta noción como parte del lenguaje institucional ambiental dando lugar a diversas traducciones y adaptaciones en el contexto hispanohablante.

La *EMC* reconoce explícitamente la imposibilidad de producir un marco universal plenamente coherente para orientar la acción ambiental. Esa dificultad no es accidental: coincide con lo que Luhmann describe como el rasgo estructural de la sociedad moderna, a saber, la diferenciación funcional, que impide toda coordinación desde un "centro" común. Cada sistema opera con códigos y racionalidades propias, lo que genera divergencias inevitables sobre prioridades, riesgos, valores y criterios de acción. La *EMC* alude precisamente a este problema cuando admite que sus recomendaciones resultan de compromisos entre actores con lógicas incompatibles y que cualquier intento de generalización global simplifica excesivamente fenómenos locales heterogéneos:

> La *EMC*, resultado de un proceso de consultas muy completo y esmerado, refleja inevitablemente un compromiso entre diversos puntos de vista: entre los propios conservacionistas, que pueden diferir en cuanto a la importancia relativa de un ecosistema, de una especie, de un problema o de una solución particulares; y entre los conservacionistas y los responsables del desarrollo, quienes pueden divergir en cuanto al acento a colocarse en el mantenimiento por una parte, y en la producción, por la otra. El presente documento refleja igualmente las limitaciones de todo análisis global: no queda más remedio que agregar y simplificar una gran cantidad de fenómenos locales diversos, y de ignorar toda una serie de problemas locales. El conocimiento del mundo es tan fragmentario, que las generalizaciones globales son particularmente proclives al error. La existencia de estos

> inconvenientes es reconocida, pero se considera que tienen menos importancia que la necesidad de presentar una lista de requisitos y de prioridades de conservación convenidos, con los cuales podrán conformarse tanto los conservacionistas como los responsables del desarrollo, y de adoptar una perspectiva liberada de las fronteras que separan, pero que no aíslan, a una nación de otra, a un sector de otro, o a un interés de otro (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales [UICN], 1980, p.2).

Esta comunicación parte del reconocimiento de que no existe un observador privilegiado capaz de integrar la complejidad global ni una racionalidad única que pueda ordenar simultáneamente los distintos sistemas funcionales de la sociedad moderna. No obstante, y en ello radica su relevancia evolutiva, la *EMC* introduce una reorientación semántica al superponer la urgencia ecológica a estas limitaciones estructurales, intentando configurar un horizonte mínimo de referencia mediante la formulación de prioridades compartidas. Lejos de pretender una coordinación total entre sistemas, la *EMC* procura generar estructuras de expectativa suficientemente abiertas para que distintos ámbitos funcionales puedan resonar con la problemática ambiental desde sus propios códigos y programas. En este sentido, la *EMC* se configura como una comunicación que, aun asumiendo la imposibilidad de una unidad normativa global, amplía las condiciones de posibilidad para la emergencia de espacios de convergencia operativa contingentes, a través de los cuales lo ecológico puede ser tematizado como una irritación relevante en ámbitos como la ciencia, la política, la economía y la educación, sin que ello implique efectos causales directos ni respuestas homogéneas. Se trata, así, de una semántica consciente de su insuficiencia estructural, pero operativa en la medida en que la amenaza ecológica obliga a continuar la comunicación más allá de los límites funcionales de la sociedad moderna. Más que una mera advertencia sobre riesgos ambientales, la *EMC* funcionó como una comunicación que articuló conocimiento científico, orientaciones políticas y principios éticos, configurando un marco de referencia especializado para la observación del problema ambiental. Al integrar en su elaboración a agencias intergubernamentales, organizaciones de la sociedad civil y centros de investigación, esta comunicación operó como un mecanismo de validación y circulación de nuevas formas de codificación ambiental, que comenzaron a adquirir una autonomía relativa frente a los discursos tradicionales de la conservación. La participación de organismos como la *FAO* y la *UNESCO*

reforzó la transversalidad del problema ambiental y facilitó su incorporación en agendas sectoriales como la seguridad alimentaria, la educación y la planificación territorial (Gutiérrez, 2013).

Desde su fundación en 1948, la *UICN* (*Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza)* había asumido el rol de intermediario entre el sistema político y la sociedad civil en materia de conservación, pero a partir de la década de 1980, comenzó a operar también como un nodo de traducción y sistematización del conocimiento ambiental emergente. Su temprana advertencia sobre los efectos negativos del uso indiscriminado de pesticidas, y su impulso a la implementación de evaluaciones de impacto ambiental, contribuyeron a institucionalizar prácticas que luego serían asumidas por estados, empresas y universidades.

El mismo año (1980), en sintonía con esta variación comunicativa, la *UNESCO* publicó en su revista *El Correo de la UNESCO* el artículo *El Hombre y la Tierra: una estrategia para sobrevivir*, donde se diagnosticaban amenazas como la pérdida de tierras cultivables, la deforestación, la extinción de especies y las tensiones provocadas por el crecimiento demográfico. Esta comunicación reiteraba la urgencia de articular la educación ambiental, la planificación y la investigación científica como componentes esenciales de una respuesta estructurada a la crisis ecológica global. En él se evidenciaba una creciente reflexión autorreferente dentro del sistema ambiental, que ya no se limitaba a señalar riesgos, sino que comenzaba a elaborar formas de intervención programadas, integrando la dimensión humana como agente responsable de preservar los equilibrios ecológicos.

A nivel regional, esta evolución comunicativa se tradujo, en 1982, en la creación de la *Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe (RFA-ALC)*[62], impulsada por el *PNUMA* y de la cual hace parte la Universidad Nacional de Colombia. Este espacio intergubernamental promovió la profesionalización de la educación ambiental y funcionó como una plataforma para la diferenciación interna del sistema educativo en términos ambientales. La red permitió que los saberes producidos en los organismos multilaterales circularan hacia las universidades, no de forma inmediata, sino mediados por procesos de adaptación institucional, donde los marcos globales eran

[62] La UNESCO y el PNUMA atendiendo la recomendación de la Conferencia de Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo en 1972, establecieron conjuntamente el Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA) en el año de 1975. La Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe fue establecida en 1982 (PNUMA/RFA-ALC), El Primer Seminario sobre Universidad y Medio Ambiente para América Latina, se realizó del 28 de octubre al 1 de noviembre de 1985 en la ciudad de Bogotá y fue convocado por el PNUMA/ORPALC y la UNESCO con la colaboración de otros organismos internacionales. https://redcolombianafa.com/home/nosotros/

reinterpretados en función de las prioridades locales, las capacidades académicas y las agendas estatales (Gutiérrez, 2013).

En este contexto, la consolidación de la universidad como un espacio de producción de conocimiento especializado implicó una reorganización interna y su progresiva articulación con redes científicas, normativas y políticas de alcance global. Esto facilitó la selección e incorporación de nuevas comunicaciones sobre "sostenibilidad", que gradualmente, como se evidenciará posteriormente para el caso específico de la Facultad de Minas, serían traducidas en prácticas curriculares, líneas de investigación y proyectos de intervención técnica. A partir de este punto, la "sostenibilidad" comenzaría a inscribirse, de manera paulatina pero irreversible, como una referencia válida en las operaciones del sistema universitario colombiano.

Colombia se integró activamente en esta nueva racionalidad ambiental mediante la creación de la *Red Colombiana de Formación Ambiental (RCFA)*, una asociación civil sin ánimo de lucro que desde 1982 ha operado como un nodo estratégico en la estructuración y circulación de las comunicaciones ambientales en el país. Su conformación respondió, en parte, a la influencia directa de la *Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe*, lo que evidencia su inserción en un entramado transnacional de cooperación técnica y educativa. A lo largo de las décadas, la *RCFA* fue consolidando su autonomía operativa y normativa, proceso que culminó con la obtención de personería jurídica en 2004, momento en el cual su carácter como organización diferenciada con propósitos académicos y científicos quedó "institucionalmente" reconocido.

Este tipo de organizaciones han funcionado como canales estabilizadores que permiten la sedimentación de nuevas formas de comunicación ambiental dentro del sistema educativo colombiano. En el caso de la *RCFA*, su posterior vinculación con instancias como la *Alianza de Redes Iberoamericanas de Universidades por la Sustentabilidad y el Ambiente (ARIUSA)*[63] amplificó su capacidad de acción, articulando redes interuniversitarias que facilitaron el tránsito de la educación ambiental desde los márgenes hacia el centro de la formación profesional.

En este contexto, la reunión celebrada en *Nairobi* en mayo de 1982, convocada con motivo del décimo aniversario de la *Conferencia de Estocolmo*, constituyó una comunicación que reactivó

[63] La *Alianza de Redes Iberoamericanas Universitarias por la Sustentabilidad y el Ambiente* (ARIUSA) es una red que reúne organizaciones académicas en América Latina, enfocándose en promover iniciativas para el desarrollo sostenible y la defensa del medio ambiente. Fue creada en Bogotá el 26 de octubre de 2007. https://ariusa.net/quienes-somos/

y actualizó la semántica ambiental en el escenario internacional. Este evento funcionó como una irritación para los sistemas políticos, científicos y educativos, al reafirmar y ampliar las expectativas en torno a la protección ambiental, creando condiciones para la selección de nuevas orientaciones normativas y programáticas. Conocida como *Estocolmo+10*, en esta conferencia además de la evaluación de los compromisos adquiridos en la primera cumbre ambiental global, se impulsó una agenda ecológica internacional ante los crecientes signos de deterioro ambiental y las limitaciones que mostraban los marcos institucionales existentes para abordar la crisis. Esta nueva comprensión ambiental no solo demandaba soluciones técnicas, sino también un rediseño de las estructuras políticas y sociales encargadas de procesar estos problemas (Gutiérrez, 2013).

Pocos meses después, *la Asamblea General de las Naciones Unidas* adoptó la *Carta Mundial de la Naturaleza* (28 de octubre de 1982), comunicación que introdujo un cambio de paradigma en la forma en que la conservación era conceptualizada. A diferencia de anteriores declaraciones, centradas en la gestión racional de los recursos naturales, esta comunicación propuso un marco ético basado en la idea del valor intrínseco de la naturaleza, estableciendo deberes morales universales para su protección. En ella se reconoció explícitamente que la humanidad forma parte del sistema natural y que cualquier alteración significativa de ese sistema amenaza el bienestar presente y futuro siendo la educación el medio a través del cual se "difunda" este conocimiento. Aunque su impacto jurídico fue limitado, su valor simbólico y normativo ha sido ampliamente reconocido como un antecedente fundamental en la configuración de una ética ambiental global,

La oposición de Estados Unidos a la adopción de esta carta, así como la abstención de otras dieciocho naciones, hizo visibles las tensiones existentes entre semánticas de orientación ecocéntrica y programas de decisión anclados en intereses económicos dominantes. No obstante, la adhesión de 111 países amplió significativamente el alcance de esta comunicación, permitiendo su circulación como un referente semántico relevante en el entorno internacional. En este marco, la carta no operó como un dispositivo causal directo sobre las políticas ambientales, sino como un punto de referencia comunicativo que contribuyó a estructurar expectativas y a ofrecer marcos de sentido disponibles para posteriores selecciones políticas y normativas. En esa condición, sus formulaciones pueden ser reconocidas en comunicaciones posteriores, como la *Convención sobre la Diversidad Biológica* y la *Declaración de Río*, en las que la conservación se tematiza progresivamente como estrategia de gestión y como principio normativo de alcance transversal, sin

que ello suponga una traducción homogénea ni automática entre distintos contextos institucionales (Gutiérrez, 2013).

En sintonía con la creciente incorporación de la ética ambiental en las estructuras educativas, entre el 28 de octubre y el 1 de noviembre de 1985 se celebró en Bogotá el *Primer Seminario sobre Universidad y Medio Ambiente para América Latina*, convocado por el *PNUMA/ORPALC* y la *UNESCO*, con el respaldo de la Universidad Nacional de Colombia, el *Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES)* y otras agencias internacionales. Este evento operó como un mecanismo de acoplamiento entre el sistema educativo superior y las comunicaciones ambientales emergentes, consolidando a la universidad como un nodo estratégico en la transformación de los marcos de referencia del desarrollo. La participación de representantes de 59 universidades e instituciones ambientales de 22 países evidenció una creciente sensibilidad sistémica hacia la necesidad de incorporar criterios ecológicos en la formación profesional y en la construcción de modelos de desarrollo orientados por principios de "justicia ambiental" y "sostenibilidad".

El *Seminario* no solo consolidó un espacio de reflexión académica, sino que produjo dos documentos de alto impacto comunicativo: las *Diez Tesis sobre el Medio Ambiente en América Latina*, un diagnóstico crítico que tradujo las tensiones ecológicas en códigos propios del contexto regional y la *Carta de Bogotá sobre Universidad y Medio Ambiente*, que formuló principios rectores para integrar la dimensión ambiental en la educación superior. Al respecto en el primer punto de la *Carta de Bogotá* se observa:

> La introducción de la dimensión ambiental en el nivel de educación superior obliga a replantear el papel de la universidad en la sociedad, y en el marco del orden mundial contemporáneo, en el cual se configura la realidad latinoamericana y del Caribe. Por eso, es necesario insistir en la significación y la función de la universidad como laboratorio de la realidad contemporánea dentro de las condiciones concretas de la región en el contexto mundial (Gonzalez,1985, p. 1).

Además, el punto cinco especifica.

> Las universidades tienen la responsabilidad de generar una capacidad científica y tecnológica propia, capaz de movilizar el potencial productivo de los recursos naturales y humanos de la región a través de una producción creativa, crítica y propositiva de nuevo conocimiento para promover nuestras estrategias y alternativas de desarrollo (Gonzalez,1985, p. 1)

El reconocimiento a la "exclusión" histórica de la semántica ecológica se observa en el punto ocho:

> El ambiente no es un nuevo objeto totalizador del conocimiento capaz de desplazar o cancelar al desarrollo histórico del saber. La perspectiva ambiental del desarrollo del conocimiento emerge desde ese "lugar" de exclusión social, de externalidad económica y de costo ecológico generado por la racionalidad productiva e ideológica dominante. Así, la cuestión ambiental problematiza a todo un sistema de conocimiento que sostiene el estilo productivista de desarrollo prevaleciente (Gonzalez,1985, p. 2)

Entre las recomendaciones surgidas de este seminario, Sáenz (2020) destaca especialmente las siguientes:

> a) la institucionalización del compromiso de las universidades con el ambiente, la sustentabilidad y el desarrollo sostenible;
> b) la incorporación de estos temas en los programas, cursos y estructuras académicas de las IES; y
> c) El seguimiento a los avances en la ambientalización y sustentabilidad de las universidades y otras IES de la región (p. 311).

Según Sáenz (2020), los avances de las universidades de América Latina y el Caribe en relación con los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* se explican, en buena medida, por procesos de institucionalización de las comunicaciones vinculadas al compromiso ambiental y a la sustentabilidad. En este marco, la formulación de las *Diez Tesis sobre el Medio Ambiente* operó

como un referente orientador, al establecer criterios para la incorporación de la dimensión ambiental en los programas de educación superior.

Más allá de replicar los marcos interpretativos de la gobernanza ambiental global, estas tesis introdujeron una visión situada de los problemas ambientales, en la que se reconocían las interdependencias entre los sistemas ecológicos, sociales y económicos, así como las desigualdades estructurales que condicionaban las posibilidades de adaptación de los países latinoamericanos. El énfasis en la "biodiversidad", "la justicia social" y "la soberanía sobre los recursos naturales" reflejaba un esfuerzo por resignificar la "sostenibilidad" desde los propios márgenes del sistema internacional. En esta comunicación se logra identificar el ingreso del concepto "sustentabilidad" aún indiferenciado de "sostenibilidad".

Si bien el *Seminario* no fue una prolongación directa de la *Conferencia de Estocolmo* de 1972, sí expresó una evolución en la semántica ambiental hacia una mayor centralidad del sistema educativo como clave para la transformación social. En este sentido, las comunicaciones surgidas a partir del evento fueron fuente de irritación clave para la consolidación de un nuevo modelo universitario en América Latina, uno en el que la docencia, la investigación y la extensión integran progresivamente el imperativo ecológico como parte de su función social. De este modo, se amplió la capacidad del sistema educativo para procesar y estabilizar las comunicaciones ambientales como componentes legítimos de su operatividad interna, al tiempo que se fortalecieron sus acoplamientos con las agendas internacionales de desarrollo, especialmente aquellas que, décadas más tarde, se consolidarían en los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*.

En la trayectoria de estabilización de la educación ambiental como un ámbito comunicativo progresivamente diferenciado dentro del sistema educativo global, la *Segunda Conferencia Internacional sobre Educación Ambiental*, celebrada en Moscú en 1987, puede observarse como un intento de reforzar las estructuras comunicativas que se habían configurado tras el *Congreso de Tbilisi* de 1977. Esta conferencia no solo sirvió como una revisión crítica de los avances alcanzados en la década anterior, sino que reforzó la necesidad de consolidar una red global de intercambio de experiencias, investigación y estrategias pedagógicas, articuladas en torno al *Programa Internacional de Educación Ambiental (PIEA)*. La reunión asumió la tarea de fortalecer el lugar de la educación ambiental en los sistemas formales y no formales, con un énfasis particular en la formación profesional y técnica como espacios clave para la transformación de las decisiones que inciden sobre el medio ambiente (Gutiérrez, 2013).

En este sentido, la ingeniería fue identificada como una profesión estratégica cuya formación debía ser reconfigurada a la luz de las exigencias ecológicas contemporáneas. Además, se subrayó la urgencia de adaptar los programas educativos a las condiciones socioculturales específicas de cada región, lo cual respondía a la necesidad de evitar una homogeneización normativa impuesta desde los centros hegemónicos. Esta orientación favoreció la multiplicación de modelos pedagógicos ajustados a contextos locales, sin perder de vista la pertenencia a una red global de comunicación ambiental. En consonancia, se promovió el desarrollo de materiales didácticos, la formación docente especializada y el uso de medios de comunicación y tecnologías emergentes como vehículos para amplificar la circulación de información ambiental.

Al fortalecer los vínculos entre educación, ciencia y política, la *Conferencia de Moscú* ayudó a estabilizar nuevas expectativas sobre el papel de las universidades en la configuración de un futuro ambientalmente viable. En particular, la insistencia en integrar la dimensión ambiental en los programas de posgrado y en la producción científica especializada permitió vincular los procesos de formación avanzada con las problemáticas ecológicas de escala global. Esto configuró una arquitectura comunicativa en la que los saberes técnicos y científicos se acoplan con códigos ambientales, favoreciendo la emergencia de nuevas formas de racionalidad profesional orientadas por criterios de "sostenibilidad". Así, la conferencia reafirmó la función de las organizaciones universitarias como plataformas desde donde se traduce, adapta y legitima el conocimiento ambiental en contextos diferenciados, tanto en el plano regional como en el sistema mundial.

Este marco de referencia permite comprender cómo, en la misma década en que comenzaban a consolidarse los acuerdos internacionales sobre educación ambiental, la Facultad de Minas reconfiguró progresivamente su oferta académica mediante la apertura de programas de posgrado que respondían tanto a las transformaciones del sistema universitario global como a las emergentes problematizaciones socioambientales. En el contexto nacional, estas dinámicas se articularon con el *Plan de Desarrollo para la Educación Superior* del gobierno de Belisario Betancur (1982–1986), dentro del cual se estableció el *Programa de Cooperación* entre el *Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el ICFES*. Uno de sus subprogramas estaba orientado a fortalecer la formación avanzada en ingeniería mediante el impulso a la investigación aplicada y el estímulo a la investigación científica. En ese marco se destinaron recursos para la creación de diez posgrados en ingeniería en la Universidad Nacional de Colombia. La Facultad de Minas abrió la

Maestría en Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos[64] y la *Maestría en Ciencia y Técnica del Carbón* en 1983[65] (Villegas, 2016). Posteriormente se crearon la *Maestría en Ingeniería Química* (1986) y la *Maestría en Ingeniería de Sistemas* (1989), ampliando el espectro de especialización disciplinar.

Estas iniciativas marcaron el inicio de una nueva etapa en la inserción de la Facultad frente a los desafíos ambientales emergentes. Más que simples expansiones curriculares, constituyeron indicadores de un proceso de acoplamiento entre las comunicaciones técnico-científicas propias de la ingeniería y las exigencias ambientales que comenzaban a consolidarse como criterios de referencia en los circuitos internacionales de educación superior. Así, la diferenciación interna de la Facultad, expresada en la creación de nuevos programas de posgrado, puede interpretarse como una respuesta organizacional a las expectativas del entorno global, en la medida en que estas nuevas estructuras ampliaron su capacidad de resonancia frente a las problemáticas ecológicas y permitieron traducirlas en proyectos formativos e investigativos coherentes con las expectativas contemporáneas del sistema científico y del sistema educativo.

Este proceso de diferenciación no se limitó a la creación de programas de formación avanzada, sino que impulsó una diferenciación funcional más compleja al interior de la Facultad, mediante la consolidación de grupos de investigación especializados y centros académicos dedicados a la producción de conocimiento aplicado. En 1984, la creación de los *Grupos de Investigación en Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos y en Ciencia y Técnica del Carbón*, así como del *Centro de Investigación en Metalurgia Extractiva (CIMEX)*, constituyó un paso decisivo en la formalización de nuevas unidades operativas capaces de responder a las demandas asociadas a la gestión ambiental. Estas estructuras emergentes se articularon con el *Programa para la Capacidad de Investigación* de la Universidad Nacional de Colombia, lanzado en 1983, lo cual revela una convergencia entre los procesos de estabilización de la investigación científica y las demandas de especialización que se proyectaban desde el entorno global.

[64] Este posgrado "permitió a la Facultad la realización de numerosos proyectos de extensión mediante contratos con entidades del sector público, en su mayoría, tales como el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Carbocol, Codechocó, Corantioquia, Cornare, la Corporación Autónoma del Magdalena, Corpurabá, Empresas Públicas de Medellín y Gobernación de Antioquia. Para esta entidad tres docentes realizaron en 1988, en asocio con Planeación Departamental, el Plan Energético Regional de Antioquia" (Villegas, 2015, p.50).

[65] "Un tercer posgrado, sobre Contaminación Ambiental y Sanitaria, presentado por la Facultad de Minas a consideración de la dirección de la Universidad Nacional, había sido excluido por esta desde finales de 1981 porque consideró que no contaba con los recursos humanos y físicos adecuados para respaldarlo, situación que no fue exclusiva de este programa, sino que se dio en otros siete propuestos por diferentes sedes. (Villegas, 2016, p.47)

Simultáneamente, la Facultad fortaleció sus mecanismos de divulgación mediante la creación, en 1983, de la revista *ENERGÉTICA*, concebida como un medio para comunicar los avances en ingeniería energética tanto dentro del sistema académico como hacia otros subsistemas sociales, como el productivo y el político. Este énfasis en la circulación del conocimiento especializado iba en consonancia con la lógica discutida en la *Conferencia de Moscú* de 1987, donde se destacó el papel de los medios de comunicación y las tecnologías informativas en la construcción de una cultura ambiental. La posterior integración de *ENERGÉTICA* en la revista *DYNA* en 2009 no solo reafirma la continuidad de esta estrategia de comunicación, sino que evidencia un proceso de consolidación de canales diferenciados para la transferencia del conocimiento científico-técnico.

El reconocimiento público de este proceso de especialización se expresó con las distinciones nacionales otorgadas a la Facultad de Minas: la *Orden del Congreso en el Grado de Comendador* (1986) y la *Cruz de Plata de la Orden de Boyacá* (1987). En el marco del acto de entrega de este último reconocimiento, resulta particularmente ilustrativo el discurso pronunciado por Joaquín Vallejo Arbeláez, egresado de la Facultad, ex Secretario de Educación de Antioquia y figura destacada del ámbito empresarial y público. En su intervención, Vallejo Arbeláez tematizó los desafíos que enfrentaba la ingeniería nacional en campos como el desarrollo energético, la minería, las comunicaciones, la administración, la genética, la robótica y la cibernética, para concluir con una exhortación a enmarcar el quehacer ingenieril dentro de los límites impuestos por la conservación del ambiente y de los recursos naturales no renovables, señalando que este constituía el principal desafío para la Facultad de Minas si no quería quedar rezagada frente a la aceleración del tiempo histórico. La manera en que la organización proyectaba hacer frente a estos retos era a través de nuevas orientaciones hacia la investigación, la extensión y los posgrados, áreas que comenzaban a consolidarse como pilares fundamentales para reorientar la labor académica y profesional de la Facultad hacia la "sostenibilidad" y los avances científicos más pertinentes (Villegas, 2015, p. 55). Estos discursos no se asumen aquí como evidencia directa de una transformación interna ya estabilizada en la Facultad, sino como un punto de observación privilegiado que permite registrar variaciones semánticas en el entorno social en el que esta operaba.

En conjunto, las comunicaciones producidas entre las décadas de 1970 y 1980 configuraron un entorno saturado de alternativas semánticas que desbordaron las expectativas previamente

asociadas al desarrollo, la técnica y la gestión de los recursos. La irrupción de nuevas comunicaciones sobre límites ecológicos, riesgos tecnológicos, derechos de la naturaleza y responsabilidad planetaria, emitidos desde organismos multilaterales, conferencias internacionales, movilización social y documentación científica, introdujo posibilidades de sentido que no estaban previstas por las semánticas tradicionales del progreso. Esta proliferación de comunicaciones heterogéneas no formó todavía un marco coherente, pero sí generó un cúmulo de variaciones que comenzaron a poner en duda certezas sedimentadas: la autosuficiencia del crecimiento económico, la neutralidad del conocimiento experto, la disponibilidad ilimitada de recursos y la indiferencia del sistema educativo frente a problemas ambientales globales. El sistema universitario, y con él la Facultad de Minas, quedó expuesto a un entorno crecientemente complejo en el que distintas definiciones de "sostenibilidad" y "sustentabilidad" competían, se superponían y circulaban sin orden central, ampliando el horizonte de sentido disponible para futuras transformaciones. En este punto, la evolución no depende ya de la magnitud de las variaciones, sino de la capacidad organizacional para seleccionar algunas de estas posibilidades y traducirlas en estructuras propias. Lo que sigue, por tanto, observa cómo este exceso de alternativas comienza a ser filtrado, reducido y canalizado por la Facultad de Minas, dando lugar a mecanismos de selección que reorientan su operación académica, investigativa y normativa en las décadas posteriores.

4.3.2 Momento de observación N°3: Observación de la selección de la semántica sostenibilidad- sustentabilidad

4.3.2.1 Nuevas expectativas normativas: ciencia, educación y sostenibilidad en el cambio de década

A finales de la década de 1980, Colombia emprendió un proceso de apertura económica orientado a insertar al país en los circuitos del mercado global y adaptarlo a las dinámicas de competencia internacional. Este proyecto respondía tanto a presiones externas como a la necesidad interna de modernizar el aparato estatal, fortalecer su capacidad científica y tecnológica, y redefinir los mecanismos de producción de saberes. La modernización del Estado, impulsada durante el gobierno de Virgilio Barco (1986–1990), definió las prioridades nacionales: la ciencia, la innovación y la educación superior fueron incorporadas como elementos estratégicos en la agenda

del desarrollo económico y social, además de incorporar por primera vez en un plan de desarrollo nacional las primeras nociones de un "crecimiento económico sostenido" (Departamento Nacional de Planeación, 1986). La liberalización económica, en consecuencia, no podía limitarse al desmonte de aranceles o a la desregulación comercial, sino que debía ir acompañada de un ecosistema institucional capaz de articular universidades, centros de investigación, sector productivo y Estado en torno a la producción, circulación y aplicación del conocimiento.

En este contexto, tiene origen la *Ley 29 de 1990* (Por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias) a través de la cual, además del fomento de la investigación científica, se propuso un modelo integral de innovación donde el conocimiento debía vincularse directamente con la mejora de la calidad de vida, el desarrollo económico y la transformación cultural del país. Entre sus mecanismos más relevantes se incluyeron incentivos fiscales, la importación estratégica de la tecnología y la creación de sistemas de información para facilitar la transferencia de saberes. Esto, con el fin de remover las barreras históricas que habían limitado la consolidación de un sistema nacional de innovación, al tiempo que se facilitaba la inserción de Colombia en los flujos globales de producción científica, sin perder de vista la posibilidad de generar tecnologías propias ajustadas a contextos locales. Al respecto en los Artículos 1° y 9° se observa:

> Artículo 1º.- Corresponde al Estado promover y orientar el adelanto científico y tecnológico y, por lo mismo, está obligado a incorporar la ciencia y la tecnología a los planes y programas de desarrollo económico y social del país y a formular planes de ciencia y tecnología tanto para el mediano como para el largo plazo. Así mismo, deberá establecer los mecanismos de relación entre sus actividades de desarrollo científico y tecnológico y las que, en los mismos campos, adelanten la universidad, la comunidad científica y el sector privado colombianos.
>
> Artículo 9º.- El Gobierno reglamentará la forma como las representaciones diplomáticas y consulares de Colombia en el exterior contribuirán a la actualización de metodologías y técnicas de la investigación científica y tecnológica y a la incorporación del país al contexto científico y tecnológico mundial (Colombia. Congreso de la República, 1990).

Simultáneamente, el país atravesaba un proceso más amplio de reconfiguración normativa y política. La pérdida de legitimidad del Estado, sumada a las demandas sociales por democratización y participación, condujo a la convocatoria de una *Asamblea Constituyente* en 1990. El resultado fue la promulgación de la *Constitución Política de 1991*, que constituyó un evento altamente irritante para todos los subsistemas sociales. Esta nueva *Carta Magna* no solo transformó las estructuras formales del sistema político, sino que alteró profundamente las condiciones semánticas de múltiples sistemas funcionales, entre ellos el educativo, el científico y el económico. La promulgación de la nueva Constitución introdujo un horizonte de expectativas marcado por un amplio reconocimiento de derechos, lo que generó un clima de optimismo en distintos ámbitos sociales. En materia educativa, este giro se expresó de manera particular en los artículos 67°, 68° y 69°, los cuales redefinieron el lugar de la educación al consagrarla simultáneamente como un derecho fundamental y como un servicio público con función social orientado al acceso al conocimiento, la ciencia y la cultura. Estas disposiciones incorporaron, además, principios asociados al respeto por los derechos humanos, la paz y la democracia, al tiempo que reconocieron la participación de la comunidad en la dirección de las instituciones educativas. De manera complementaria, el texto constitucional garantizó la autonomía universitaria, el respaldo estatal a la investigación científica tanto en universidades públicas como privadas y la creación de mecanismos financieros orientados a ampliar el acceso equitativo a la educación superior (Villegas, 2015).

Uno de los aspectos más significativos de la *Constitución de 1991* fue la incorporación explícita del medioambiente como un principio organizador del desarrollo nacional. Artículos como el 79°, 80° y 95° establecieron nuevas expectativas normativas en torno a la "sostenibilidad", introduciendo semánticas que obligaban a repensar la relación entre sociedad y naturaleza. Particularmente, el Artículo 80° establece:

> El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su *desarrollo sostenible*, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas (Colombia. Presidencia de la República, 1991).

Este giro normativo reconfiguró la manera en que el medio ambiente comenzó a ser observado en el "marco institucional": dejó de operar como una referencia externa o como un problema sectorial aislado, para adquirir relevancia como una dimensión estructural del horizonte de sentido del proyecto nacional. En este contexto, el "desarrollo sostenible" se estabilizó como una referencia semántica capaz de ampliar y reordenar las expectativas sociales disponibles, incidiendo en la forma en que distintos sistemas funcionales observan sus propias operaciones. Este desplazamiento no se agota en una transformación jurídica, sino que expresa una reconfiguración semántica más amplia, mediante la cual se modifican las condiciones bajo las cuales los sistemas procesan comunicaciones relativas al desarrollo, la técnica y el entorno. La "sostenibilidad", entendida como expectativa normativa de alcance transversal, no determina directamente las operaciones de los subsistemas ni de sus organizaciones, pero sí reconfigura los criterios de selección desde los cuales las consideraciones ecológicas adquieren creciente relevancia en sus procesos de reproducción.

En el sistema educativo, estas transformaciones se manifestaron como irritaciones que exigían una respuesta estructural. Las universidades fueron llamadas a desempeñar un papel activo en la construcción de una racionalidad ambiental, no solo mediante la incorporación de contenidos curriculares, sino también a través de la investigación aplicada, la formación de profesionales especializados y la producción de conocimiento orientado a la "sostenibilidad".

Como respuesta se consolidaron nuevas estructuras organizacionales orientadas a articular ciencia, tecnología y educación superior como pilares estratégicos del desarrollo nacional. Tal fue el caso de la creación del *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* y la reorganización del *Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología* (*Colciencias* hoy *Minciencias*)[66], formalizado mediante el *Decreto 585 de 1991* (Por el cual se crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, se reorganiza el Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - Colciencias - y se dictan otras disposiciones). Su estabilización marcó un punto de inflexión en la forma en que el Estado colombiano organizó la relación entre los

[66] Colciencias se fundó el 20 de noviembre de 1968 en Colombia mediante el Decreto 2869, como Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas "Francisco José de Caldas". Posteriormente, se reorganizó en 1991 por el Decreto 585, convirtiéndose en el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. En 2009, la Ley 1286 la transformó en Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, hasta su disolución en 2019 para dar paso al Ministerio de Ciencias.

subsistemas científico, educativo y político, incorporando explícitamente el conocimiento especializado como un recurso clave para responder a las expectativas sociales en torno al "desarrollo sostenible". Para ello, en el Artículo 5° se diferenciaron los programas de ciencia y tecnología, entre ellos se observa el *Programa de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat*:

> a) El Programa de Ciencias Básicas;
> b) El Programa de Ciencias Sociales y Humanas;
> c) El Programa de Desarrollo Tecnológico Industrial y Calidad;
> d) El Programa de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias;
> e) El Programa de Ciencias del Medio Ambiente y el Hábitat;
> f) El Programa de Estudios Científicos de la Educación;
> g) El Programa de Ciencia y Tecnología de la Salud
> (Colombia. Presidencia de la República, 1991).

Sobre la articulación nacional con el entorno mundial en materia científica se observa en el Artículo 8°: "Aprobar las políticas y mecanismos de cooperación con otros países y organismos internacionales en aspectos relacionados con ciencia y tecnología, en coordinación con el *Ministerio de Relaciones Exteriores y el Departamento Nacional de Planeación*" (Colombia. Presidencia de la República, 1991).

La reorganización del *Colciencias* y la creación del *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* estableció un nuevo marco de coordinación interinstitucional que permitió al Estado integrar sus políticas públicas de investigación con los principios de "sostenibilidad" y "desarrollo" esbozados por la *Constitución*. Este entramado normativo reforzó la legitimidad del conocimiento científico como fuente de orientación para la toma de decisiones colectivas, operando como un mecanismo de estabilización comunicativa entre los sistemas funcionales diferenciados. El *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* puede observarse como una estructura organizacional de acoplamiento que permitió la coordinación recurrente entre el sistema político y el sistema científico, sin disolver la autonomía operativa de cada uno. A través de esta organización, las decisiones políticas y las comunicaciones científicas pudieron orientarse recíprocamente mediante programas y criterios de evaluación compartidos, En este marco, la "sostenibilidad" comenzó a operar como una semántica transversal de legitimación, capaz de generar expectativas convergentes y de incrementar la probabilidad de resonancia entre ambos sistemas, sin constituirse en un principio normativo unificado.

En su configuración inicial, el *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* operó como una estructura organizacional que articuló políticas y programas orientados a la consolidación de la investigación en las universidades colombianas, favoreciendo la creación de programas de posgrado, el fortalecimiento de colectivos científicos y la ampliación de circuitos de circulación internacional del conocimiento. A través de estos dispositivos, el sistema educativo incrementó su capacidad de autoobservación, al procesar comunicativamente referencias a estándares científicos transnacionales y reorientar selectivamente sus propias operaciones. En este proceso, comenzaron a incorporarse, de manera gradual, expectativas normativas vinculadas a la "sostenibilidad", no como principios externos impuestos, sino como una semántica emergente que amplió los criterios de relevancia y legitimación de la producción académica.

Este reordenamiento, como se evidenciará en el caso específico de la Universidad Nacional de Colombia y la Facultad de Minas, se tradujo en la integración de principios ambientales en los planes curriculares, en la promoción de líneas de investigación interdisciplinarias, y en el fortalecimiento del compromiso social de las universidades. De este modo, el sistema educativo comenzó a desplazar la "sostenibilidad" de los márgenes hacia el centro de su operatividad, en sintonía con las expectativas sociales contemporáneas y con las nuevas formas globales de organización del conocimiento. La educación superior, en consecuencia, se constituyó en un espacio clave para la producción, circulación y estabilización de racionalidades sociales orientadas a equilibrar el crecimiento económico, la justicia social y la protección del entorno ecológico.

En coherencia con este proceso de transformación estructural, la Facultad de Minas profundizó su articulación con el sistema científico a lo largo de la década de 1990. Un punto nodal en esta trayectoria fue la creación, en 1991, del *Doctorado en Ingeniería* (con línea en Recursos Hidráulicos), el primero doctorado del país, consolidando así su compromiso con la generación de conocimiento científico de alto nivel y marcando una inflexión en la estabilización de la investigación como eje estructurante de su operación académica. La creación de este programa no fue un evento aislado, sino la cristalización de un proceso de acoplamiento estructural con el sistema ciencia que venía gestándose desde las décadas anteriores, mediante la formación de grupos de investigación especializados, la expansión de programas de maestría y el fortalecimiento de redes internacionales de colaboración como el mencionado convenio con el *MIT*.

Este acoplamiento se expresó también en la creación de dispositivos comunicativos destinados a estabilizar y proyectar las investigaciones realizadas. En 1992, como producto directo

del doctorado, se lanzó la revista *Avances en Recursos Hidráulicos*, concebida como un espacio para la difusión de los resultados científicos desarrollados en el marco del programa doctoral y de los grupos de investigación asociados. La revista permitió no solo la circulación interna del conocimiento, sino también su proyección hacia otros subsistemas científicos, industriales y estatales, fortaleciendo así la legitimidad operativa de la Facultad.

El proceso de diferenciación y especialización que experimentó la Facultad de Minas durante este periodo debe entenderse como una manifestación particular de un reordenamiento sistémico más amplio que afectó al conjunto del sistema educativo colombiano. En este marco, las universidades no solo se vieron compelidas a reconfigurar sus estructuras internas, sino también a reformular sus vínculos con otros sistemas funcionales, en particular con el sistema económico y el sistema político, en un contexto caracterizado por el ascenso de la racionalidad tecnocrática y la redefinición del papel del Estado como garante de eficiencia, calidad y competitividad (Villegas, 2015).

Fue precisamente bajo esta lógica que el gobierno de César Gaviria Trujillo (1990–1994) impulsó el denominado *Plan de Apertura Educativa*, inscrito en una estrategia más amplia de liberalización económica e inserción del país en la economía global. Este plan posicionó la educación como una plataforma central para articular desarrollo económico, movilidad social y competitividad internacional, promoviendo reformas orientadas a expandir la cobertura, mejorar la calidad y garantizar la pertinencia de la educación superior frente a las nuevas configuraciones del mercado laboral y el surgimiento de una economía del conocimiento.

En el marco de estas transformaciones estructurales impulsadas durante el gobierno de César Gaviria, se promulgó la *Ley 30 de 1992* (por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior) la cual estabilizó un nuevo paradigma normativo para la educación. Su formulación operó como una traducción normativa de los principios constitucionales de 1991, reconfigurando el papel de la educación superior en un entorno social que comenzaba a incorporar de manera explícita nociones como la sostenibilidad ambiental, formación integral, la equidad social, la innovación científica y la eficiencia institucional como orientadores legítimos del desarrollo nacional. Al respecto se observa el Artículo 6° sobre los objetivos de la educación superior: “Promover la preservación de un medio ambiente sano y fomentar la educación y cultura ecológica” (Colombia. Congreso de la República, 1992).

La *Ley 30* operó como una estructura normativa que contribuyó a estabilizar un nuevo conjunto de expectativas sociales en torno a la educación superior, reconfigurando las condiciones bajo las cuales las organizaciones universitarias reproducen sus propias operaciones.

Uno de sus pilares fue la consolidación de la autonomía universitaria, entendida como una condición estructural que permitió a las organizaciones universitarias autoobservar sus propias operaciones, organizar sus procesos internos y definir agendas de docencia e investigación conforme a marcos de referencia propios. Esta autonomía, no obstante, se configuró de manera relacional y condicionada, en la medida en que fue acompañada por la incorporación de dispositivos estatales de observación, como el *Consejo Nacional de Educación Superior (CESU)* y el *Consejo Nacional de Acreditación (CNA).* A través de estos dispositivos, el sistema universitario integró esquemas de observación de segundo orden que orientaron la selección de sus comunicaciones según criterios de validez estabilizados externamente, operacionalizados mediante procesos de acreditación institucional y de programas, referidos a expectativas de desempeño formalizadas en marcos nacionales e internacionales.

Esta doble dinámica, de autonomía relativa y la autoobservación como medio regulador, permitió que el sistema educativo colombiano incrementara su complejidad interna, ajustándose a las nuevas exigencias del entorno sin perder su capacidad de autorregulación. En este nuevo entorno regulativo, las universidades fueron progresivamente interpeladas a demostrar su relevancia social, científica y tecnológica a través de dispositivos de evaluación, producción de conocimiento y articulación con los sectores productivos, consolidando así una "lógica institucional" en la que la calidad, la pertinencia y la innovación se convirtieron en criterios de legitimación operativa.

Desde una perspectiva histórica, la *Ley 30* surgió como respuesta a las deficiencias estructurales acumuladas en el sistema educativo colombiano, caracterizado por una distribución inequitativa de recursos, ausencia de marcos regulatorios claros y procesos de gestión académica fragmentados. En articulación con el reconocimiento constitucional de la educación como derecho fundamental, la ley promovió una mayor implicación estatal en la financiación y organización del sistema, incentivando la creación de fondos para el acceso a estudios de pregrado y posgrado, como estrategia para fortalecer la movilidad social y democratizar el acceso al conocimiento (Ley 30, 1992).

Además, la *Ley* introdujo una reorientación semántica relevante en torno a la función social del conocimiento, al incorporar de manera explícita la formación "ética profesional" como eje transversal de los programas académicos, al respecto en el Artículo 129° se observa que "La formación ética profesional debe ser elemento fundamental obligatorio de todos los programas de formación en las instituciones de Educación Superior" (Colombia. Congreso de la República, 1992). Esta incorporación no opera como una prescripción externa, sino como una redefinición de las expectativas comunicativas que el sistema educativo comienza a procesar frente a un entorno crecientemente complejo. En este marco, la "formación integral" se consolida como una semántica de legitimación mediante la cual la universidad reorganiza sus propias operaciones, seleccionando criterios que le permiten responder a demandas de otros subsistemas sociales. A través de esta semántica, el sistema educativo estabiliza nuevas formas de acoplamiento con ámbitos como la política, la economía y la ciencia, ampliando su capacidad de resonancia frente a procesos asociados a la globalización, la crisis ambiental y las transformaciones tecnológicas contemporáneas.

Entre tanto, en el contexto internacional, para el año de 1992, se llevó a cabo en Río de Janeiro la *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo* (UNCED). Esta cumbre conocida como la *Cumbre de la Tierra* consolidó un cambio semántico fundamental: la "sostenibilidad" dejó de ser entendida únicamente como un criterio técnico o económico y comenzó a operar como una ética transversal a los subsistemas sociales. Estableciendo como principio fundamental que "Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza" (Naciones Unidas, 1992).

La magnitud del consenso internacional alcanzado en la *Conferencia de Río* se evidenció en la participación de 172 delegaciones estatales y más de un centenar de jefes de Estado, lo que puso en circulación una convergencia inédita de expectativas comunicativas entre gobiernos, organismos internacionales, universidades y sectores productivos en torno a la redefinición del desarrollo. Este escenario no produjo un marco normativo homogéneo ni una coordinación centralizada de la acción, sino la cristalización de un repertorio semántico de alcance global, articulado en torno a principios como la equidad intergeneracional, la responsabilidad común pero diferenciada, el principio precautorio y el principio de quien contamina paga. Estos principios operaron como referencias orientadoras que ampliaron el horizonte de observación de los sistemas

sociales diferenciados, permitiéndoles tematizar el riesgo ambiental, la incertidumbre científica y la proyección temporal del daño ecológico sin resolverlos desde una racionalidad única. En este sentido, la *Declaración de Río* "intensificó" la circulación de expectativas normativas abiertas, susceptibles de ser seleccionadas y traducidas de manera diferenciada por cada sistema funcional. En el caso del sistema educativo, esta reconfiguración semántica abrió la posibilidad de desplazar la formación desde esquemas centrados en la transmisión fragmentada de saberes hacia orientaciones más reflexivas, sistémicas y contextualmente situadas. De este modo, la "sostenibilidad" comenzó a operar como una referencia comunicativa disponible, capaz de ser incorporada, o no, por las organizaciones educativas según sus propias estructuras, programas y criterios de validez.

En coherencia con este giro, tuvo emergencia en 1992 la *Comisión para el Desarrollo Sostenible (CDS)* y la *Agenda 21*, un plan de acción integral y no vinculante promovido por la *ONU* para fomentar el "desarrollo sostenible" a nivel global como resultado directo de la *Cumbre de la Tierra*. En la *Agenda* se asignó a la educación un papel estratégico en la transición hacia sociedades sostenibles. El *Capítulo 36* de dicha agenda subraya la necesidad de transformar los sistemas educativos mediante enfoques inter y transdisciplinarios, capaces de integrar saberes científicos, sociales y culturales, y de formar una ciudadanía crítica, participativa y comprometida con la "sostenibilidad". Esta propuesta fue ampliada y reforzada en eventos paralelos celebrados en 1992, como el *Foro Global sobre Educación Ambiental (Río), la Conferencia Internacional ECOED-92 (Toronto) y el Primer Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental (Guadalajara)*. Todos estos espacios coincidieron en la urgencia de una reforma educativa profunda, que articulara conocimiento, ética y acción ante los desafíos planetarios emergentes.

En el caso colombiano, las discusiones internacionales promovidas en la *Conferencia de Río* encontraron una traducción normativa explícita en la *Ley 99 de 1993*, mediante la cual se creó el *Ministerio del Medio Ambiente*, se reorganizó el sector público encargado de la gestión y conservación de los recursos naturales renovables y se estructuró el *Sistema Nacional Ambiental (SINA)*. Esta comunicación jurídica no solo dio lugar a nuevas estructuras organizacionales, sino que estabilizó la dimensión ambiental como una referencia central en las políticas de desarrollo, articulando un modelo de gestión descentralizado que integró a entidades territoriales, comunidades locales y organizaciones sociales. La aprobación de esta ley puede comprenderse como una respuesta del sistema jurídico a las expectativas del entorno, así como a la incorporación

progresiva de semánticas ambientales en el proceso de constitucionalización del medio ambiente iniciado con la *Constitución Política de 1991*.

La participación colombiana en la *Cumbre de Río,* encabezada por el presidente César Gaviria y por el ambientalista Manuel Rodríguez Becerra, fue decisiva para posicionar la conservación de la biodiversidad y los saberes tradicionales en el centro de la agenda. La defensa de un enfoque territorial, culturalmente diferenciado y ecológicamente responsable constituyó un aporte original a los debates globales sobre sostenibilidad.

En este mismo horizonte de transformaciones nacionales la *Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo*, conocida como la *Misión de Sabios* (1993) emerge como una comunicación altamente especializada para reconfigurar el modelo de desarrollo colombiano bajo nuevas expectativas de "sostenibilidad". Convocada en 1993 por el gobierno de Gaviria, esta iniciativa reunió a un grupo interdisciplinario de académicos de primer nivel para elaborar una hoja de ruta hacia el siglo XXI. Su informe final, publicado en 1994 bajo el título *Colombia: al filo de la oportunidad*, propuso una nueva ética del conocimiento en la que la educación, la ciencia y la tecnología fueran los pilares de un proyecto civilizatorio alternativo.

Entre sus recomendaciones más relevantes, se encuentra la articulación entre "sostenibilidad, paz y democracia", entendida como la base de una racionalidad ambiental capaz de enfrentar no solo los problemas ecológicos, sino también los conflictos sociales, culturales y económicos que atraviesan el país. Desde esta perspectiva, la *Misión* propone una educación superior comprometida con la producción de conocimiento endógeno, contextualizado y socialmente pertinente. Las universidades, en este modelo, dejan de ser espacios de reproducción profesional para convertirse en actores estratégicos del cambio social y ecológico. La *Misión* también promovió una ciencia participativa, transdisciplinaria y territorializada, con énfasis en la valorización de los saberes indígenas, afrodescendientes y campesinos. Se planteó la creación de centros de investigación regionales como los *Institutos INNOVAR* orientados a áreas estratégicas como el manejo del agua, la agricultura sostenible y la biotecnología ambiental (Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo, 1995).

La ampliación de los referentes semánticos del desarrollo continuó reproduciéndose y estabilizándose en comunicaciones oficiales, entre ellas el *Plan Nacional de Desarrollo 1994-1998*, titulado *El Salto Social*, formulado durante el gobierno de Ernesto Samper Pizano (1994 a 1998). Este plan fue el primero en Colombia en incorporar de manera explícita el concepto de

"desarrollo humano sostenible" como criterio ordenador de la planificación nacional, marcando así un desplazamiento significativo respecto a los enfoques previos centrados exclusivamente en el crecimiento económico. En lugar de articular las prioridades estatales únicamente en torno a la expansión del producto interno bruto, el plan propuso un modelo de desarrollo más amplio, orientado a integrar "equidad social, eficiencia productiva y sostenibilidad ambiental" como "dimensiones interdependientes" del progreso nacional (Departamento Nacional de Planeación,1994).

A través del concepto del "desarrollo humano sostenible", el sistema comenzó a reformular sus criterios de legitimación, incorporando en sus operaciones internas observaciones provenientes del sistema científico, educativo y ambiental. Este cambio quedó ejemplificado en la formulación explícita del *Plan,* que afirmaba:

> de poco sirve elevar los ritmos de crecimiento económico si ello no tiene como contrapartida una mejora en los niveles de vida de toda la población. De manera similar, no tiene sentido crecer a costa de depredar el medio ambiente y, por lo tanto, de las condiciones de vida de las generaciones futuras. (Departamento Nacional de Planeación,1994)

Operativamente, el *Plan* configuró una estrategia integrada que articuló inversión social, fortalecimiento institucional y adecuación ambiental. En este marco, la educación fue comunicada como una condición estructural para la "sostenibilidad", al ser observada como un "ámbito privilegiado" para la producción y estabilización de formas de comunicación capaces de tematizar de manera compleja las relaciones entre desarrollo, sociedad y entorno natural. En consonancia con las recomendaciones de la *Misión de Sabios,* el *Plan* enfatizó la necesidad de reorientar la educación hacia la ampliación de capacidades reflexivas, formuladas en términos de la "formación de sujetos" capaces de participar en comunicaciones que articulen dimensiones sociales y ecológicas en distintas escalas, tanto globales como locales. De este modo, la "sostenibilidad" dejó de estabilizarse exclusivamente como una cuestión técnico-instrumental y comenzó a operar como un problema cultural, ético y educativo, cuya reproducción comunicativa requería procesos formativos de mediano y largo plazo (Plan Nacional de Desarrollo 1994–1998, 1994).

Uno de los desarrollos más relevantes fue la introducción del concepto de "educación para el desarrollo sostenible", orientado a articular el conocimiento científico con los saberes

tradicionales, en particular los de comunidades indígenas y afrocolombianas. Este reconocimiento a la pluralidad epistémica supuso una apertura del sistema educativo hacia nuevas formas de comunicación con el entorno social y ecológico, superando los límites del racionalismo instrumental.

Paralelamente tuvo emergencia en el entorno nacional, la *Ley 115 de 1994* (Por la cual se expide la ley general de educación) que amplió el marco normativo del sistema educativo nacional, generando condiciones para una articulación más coherente entre los niveles básico, medio y superior. Aunque la educación superior seguía regulada principalmente por la *Ley 30 de 1992*, la *Ley 115* introdujo principios estructurantes que reforzaron la continuidad pedagógica del sistema y redefinieron su función social.

Uno de los pilares centrales de esta reforma fue la consagración del principio de "formación integral" como finalidad esencial del proceso educativo. En su *Artículo 5*°, la ley establece como uno de los fines de la educación nacional

> La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente, de la calidad de la vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación. (Colombia. Congreso de la República, 1994)

En sintonía con esta transformación, la *Ley* otorgó un reconocimiento normativo a la educación ambiental al declararla área obligatoria en todos los niveles de enseñanza. Esta disposición respondió a la necesidad de incorporar las comunicaciones emergentes sobre el deterioro ecológico, no como un saber técnico aislado, sino como una dimensión transversal de la formación ciudadana. Más que formar en técnicas de conservación, el sistema educativo fue convocado a generar condiciones simbólicas para la emergencia de una cultura ambiental, capaz de transformar las formas de observación, valoración y acción frente a la naturaleza.

Este rediseño normativo y axiológico del sistema educativo colombiano, con énfasis en la formación integral, la función social del conocimiento y el desarrollo sostenible tuvo efectos organizacionales. La Universidad Nacional de Colombia, en su condición de organización pública de referencia, se vio interpelada por estas nuevas expectativas. *El Decreto 1210 de 1993* (Por el cual se reestructura el Régimen Orgánico Especial de la Universidad Nacional de Colombia),

expedido por la Presidencia de la República, reconoció la autonomía académica, administrativa y financiera de la Universidad, redefiniendo sus fines institucionales en armonía con los principios de la *Constitución de 1991* y las reformas educativas posteriores. De manera significativa, el *Artículo 2*° del decreto establece que la Universidad debe "formar profesionales e investigadores sobre una base científica, ética y humanística, dotándolos de una conciencia crítica orientada a liderar procesos de cambio" (Colombia. Presidencia de la República, 1993). Esta formulación condensó la expectativa de que el conocimiento científico debía trascender la mera producción técnica para articularse con proyectos de transformación social, equidad y sostenibilidad.

Este proceso de reconfiguración tuvo manifestaciones concretas en la Facultad de Minas, históricamente orientada por una racionalidad técnico-industrial centrada en el desarrollo económico. A partir de la segunda mitad de los años noventa, la Facultad inicia un proceso de transformación que incorpora nuevas líneas de formación, investigación y gestión vinculadas a las problemáticas ambientales. La creación de programas de posgrado orientados a la gestión ambiental y al desarrollo sostenible marca un punto de inflexión en la evolución interna de la Facultad, evidenciando la selección de comunicaciones éticas ambientales que comienzan a reorganizar sus prioridades académicas y cognitivas.

Entre estos desarrollos se destaca la creación de la *Especialización en Gestión Ambiental*[67], mediante el *Acuerdo 015 de 1997,* en asocio con el *Instituto de Estudios Ambientales* de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, como una de las primeras traducciones organizacionales que articulan los saberes técnicos de la ingeniería con los desafíos ecológicos y sociales. Este programa no emerge de manera espontánea, sino como respuesta a una irritación sistémica generada por la demanda nacional de profesionales capaces de intervenir responsablemente en la planificación y evaluación de proyectos bajo criterios ambientales. Su diseño curricular, que integra dimensiones *físicas, técnicas, ecológicas, económicas y socioculturales,* revela el ingreso de una racionalidad sistémica más compleja, orientada a superar los enfoques disciplinares cerrados y a producir conocimiento situado, reflexivo y pertinente.

[67] Al respecto de la ampliación de la oferta de programas de especialización: Villegas (2015) comenta: "Es importante destacar la ampliación del campo de los estudios de posgrado hacia la especialización, hasta entonces dejada de lado por la Facultad. Al incorporar esta nueva modalidad de posgrado, la Facultad podía ampliar su campo de acción, sin que implicara, por lo general, crear nuevos cursos, por cuanto muchas de las materias podían ser dictadas simultáneamente a los estudiantes de maestría y especialización" (pp. 64-65)

En el plan de estudios de esta especialización aparece por primera vez en la organización una asignatura dedicada específicamente al *Desarrollo Sostenible*. Este hecho no solo introduce una categoría analítica nueva, sino que señala un cambio estructural en la forma en que la Facultad organiza su comunicación académica. La "sostenibilidad" deja de ser un tema exógeno y se convierte en un criterio interno de orientación de las decisiones curriculares, investigativas y de proyección social.

Figura 3.
Plan de estudios Especialización en Gestión Ambiental.

SEMESTRE	INTENSIDAD HORARIA
Primero	
Desarrollo sostenible	4 h/s
Modelos de Gestión Ambiental	4 h/s
Seminario	8 h/s
Segundo	
Problemas socio-culturales	4 h/s
Electiva I	4 h/s
Seminario	8 h/s
Tercero	
Electiva II	4 h/s
Electiva III	4 h/s
Trabajo final	8 h/s

Nota. Tomado de *Acuerdo 015 de 1997 – Consejo Académico de la Universidad Nacional de Colombia*

Este proceso no fue aislado. En 1998 se creó *la Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo*, articulada por el *Instituto de Estudios Ambientales (IDEA)* junto con diversas facultades de la sede Bogotá. El *Acuerdo 001 de 1998* establece como objetivo del programa contribuir al "desarrollo sostenible" del país mediante la formación de profesionales capacitados para analizar y gestionar problemas ambientales desde un enfoque interdisciplinario. Esta formulación indica que la organización comenzó a procesar y seleccionar internamente las comunicaciones relacionadas con la sostenibilidad, incorporando criterios que podían orientar sus operaciones hacia resultados más coherentes con los objetivos de desarrollo social y ambiental. La configuración interdisciplinar de este programa, resultado de la interacción entre las facultades de derecho, ciencias políticas, económicas y ambientales, refleja un acoplamiento sistémico que, sin disolver las fronteras disciplinares, genera mecanismos de autoobservación organizacional. Esto permite a la universidad adaptar y complejizar sus respuestas educativas frente a problemas sociales y ambientales emergentes.

Simultáneamente, la Facultad diversificó su oferta académica en áreas como *Ingeniería de Control e Ingeniería de Sistemas e Informática* (1997), e incorporó nuevas maestrías en *Ingeniería - Estructuras* (1997) e *Ingeniería Química* (1999). Si bien estos programas no tenían un enfoque

ambiental explícito, ampliaron el horizonte técnico y científico de la Facultad, generando condiciones para la transversalización de preocupaciones éticas y ecológicas en distintos campos del saber.

Todo este proceso puede interpretarse como una reconfiguración organizacional impulsada por nuevas comunicaciones que ingresan al sistema universitario a través de su acoplamiento con los sistemas político, jurídico y científico. La creación de programas de posgrado en temáticas ambientales, la institucionalización de asignaturas como *Desarrollo Sostenible* y la expansión hacia nuevos campos del conocimiento representan selecciones operativas que orientan la evolución del sistema. En este contexto, la semántica de la sostenibilidad comienza a operar como un criterio de codificación, influyendo en qué comunicaciones se aceptan o descartan, y generando un proceso de programación sistemática de la educación superior en consonancia con las demandas de complejización social y ambiental.

En conjunto, este entramado de reformas constitucionales, desarrollos normativos, reconfiguraciones organizacionales y programas especializados puede ser comprendido como un momento clave en el proceso de selección de nuevas expectativas normativas dentro del sistema educativo y científico colombiano. La sostenibilidad, que hasta entonces circulaba como una referencia emergente en el entorno internacional y del sistema político-jurídico, comenzó a adquirir relevancia selectiva al ser traducida en elementos organizacionales concretos: planes de desarrollo, leyes educativas, sistemas de acreditación, estructuras de ciencia y tecnología y programas de formación avanzada. Lejos de operar como una imposición directa sobre las organizaciones universitarias, estas comunicaciones ampliaron el repertorio de posibilidades disponibles, configurando criterios desde los cuales ciertas orientaciones, ambientales, éticas y reflexivas, se volvieron progresivamente más plausibles que otras.

4.3.2.2. La sostenibilidad como orientación organizacional en la Universidad Nacional de Colombia

A finales del siglo XX e inicios del XXI, en la Universidad Nacional de Colombia comenzó a estabilizarse la “sostenibilidad” como una semántica orientadora de las comunicaciones académicas, científicas y de proyección territorial. Desde su propia autodescripción, la Universidad reconoce el rol histórico que se le ha asignado en la “consolidación de la nacionalidad, en la

elaboración de la identidad nacional y en el reconocimiento de la conciencia histórica, política y cultural de la nación". Este reconocimiento se expresa en la obligación de "estudiar sistemáticamente los problemas estructurales del país, aportar al desarrollo científico y técnico, y defender los recursos naturales y culturales", incorporando estas dimensiones como parte constitutiva de su quehacer académico (Universidad Nacional de Colombia 1998- 2003, 1999).

En coherencia con esta observación, el *Plan Global de Desarrollo 1998- 2003* sitúa a la Universidad como un espacio de reflexión crítica sobre la "estrategia de desarrollo nacional", ampliando el horizonte de observación más allá del campo económico. La inclusión explícita de problemáticas asociadas a la "equidad, la defensa de los recursos naturales, la democracia y la paz" introduce una semántica que articula "desarrollo", "sostenibilidad" y "responsabilidad social", estabilizando comunicaciones que reconfiguran los criterios desde los cuales se evalúa la pertinencia del quehacer universitario.

Este reposicionamiento se apoya en el reconocimiento de un cambio de paradigma en la comprensión de la Nación. El *Plan* señala que la "idea de Nación propia del siglo XIX, asociada a la homogeneidad cultural, religiosa y étnica", se ha transformado de manera significativa como resultado de "factores internos y externos" (Universidad Nacional de Colombia, 1999). Esta observación implica una revisión de los supuestos tradicionales sobre los "vínculos entre Estado, sociedad y educación", y abre el espacio para la incorporación de "nuevas problemáticas" que interpelan directamente a la Universidad como organización.

Entre estos elementos "externos", el documento identifica la internacionalización creciente, la reorganización de las naciones frente a los "nuevos territorios del mercado", "las transformaciones culturales asociadas a las innovaciones tecnológicas" y el "papel de los medios de comunicación" como elementos centrales del fenómeno de la globalización (Universidad Nacional de Colombia, 1999). Estas referencias permiten comprender cómo la Universidad observa su entorno como crecientemente complejo y dinámico, y cómo esta reflexión permite la incorporación de la "sostenibilidad" como una semántica capaz de articular dimensiones científicas, técnicas, sociales y ambientales en un mismo marco de sentido.

La selección de la semántica de la "sostenibilidad" en el *Plan* se observa principalmente a través de la *Estrategia de Presencia Nacional*, que vincula explícitamente la organización a "un proyecto nacional equitativo y de desarrollo sostenible" (Universidad Nacional de Colombia [UNC], 1999), articulando propuestas académicas para un "desarrollo humano y sostenible que

alivie las tensiones entre oportunidad, calidad de vida y desarrollo" y detenga "el deterioro ambiental" mediante políticas, legislación y tecnología. Este enfoque se materializa en el *Campo de Acción Institucional "Ambiental"*, que prioriza programas como "ecosistemas, biodiversidad y conservación", "gestión del medio ambiente", "producción limpia y ambientalmente sostenible" y "pensamiento, educación y formación de conciencia ambiental", promoviendo un "aprovechamiento sustentable[68] de la biodiversidad" y la "conservación del medio ambiente" como condiciones para la supervivencia humana y planetaria. Además, se impulsan acciones como "plan de educación y manejo ambiental", "formación de monitores ambientales" y "manejo integral de residuos" para fomentar una cultura ambiental responsable. Así, la "sostenibilidad" se posiciona como eje transdisciplinario que orienta la formación, la investigación y la extensión hacia "retos" como pobreza, globalización y cambio climático, alineados con compromisos internacionales como la *Agenda 21*.

Esta reorientación se cristaliza en los *Campos de Acción Institucionales* y los *Programas Académicos Estratégicos (PRES)*, donde la "sostenibilidad" se integra de forma programática y operativa. En particular, el campo ambiental incluye líneas como "gestión del medio ambiente", "producción limpia y ambientalmente sostenible", "pensamiento, educación y formación de conciencia ambiental" y "política, legislación y ética". Esta configuración expresa un esfuerzo explícito por transversalizar la "sostenibilidad" en los procesos de formación, investigación y extensión universitaria, superando visiones sectoriales o fragmentadas.

Como consecuencia, el *Plan* redefine las funciones sustantivas de la Universidad desde una lógica transdisciplinaria orientada al abordaje de problemas complejos como el deterioro ambiental, la pérdida de biodiversidad o la injusticia socioecológica. Tal como se señala en esta comunicación, los *PRES* permiten que "la Universidad trabaje, de una manera más organizada y concreta, alrededor de los grandes problemas nacionales" (Universidad Nacional de Colombia, 1999, p. 37), lo que implica una reorganización interna que favorece estructuras académicas más flexibles y sensibles a los desafíos contemporáneos, tanto globales como locales.

Este proceso de transformación organizacional encontró en la Facultad de Minas un canal operativo privilegiado. Históricamente orientada por una racionalidad técnico-industrial centrada en el desarrollo económico, la Facultad comenzó, a partir del nuevo milenio, un proceso sostenido

[68] En el Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia 1999-2003, se introduce el concepto "desarrollo sustentable", sin embargo, presenta una sola referencia. En cambio, el concepto "desarrollo sostenible" es usado ampliamente como parte de la observación organizacional.

de reconfiguración académica en el que se consolidó una cultura organizacional centrada en la investigación y la innovación, en sintonía con los lineamientos de los *Planes Globales de Desarrollo* de la Universidad.

En este marco, la creación de la *Maestría en Geotecnia* y la *Maestría en Ingeniería de Materiales y Procesos* en el año 2001 marca el inicio de una diversificación estratégica de la oferta académica avanzada. A esta etapa le siguió, hacia 2005, una expansión significativa con la creación de doctorados en *Ciencia y Tecnología de los Materiales*, *Sistemas Energéticos* y *Sistemas e Informática*, junto con nuevas maestrías en campos clave como *Infraestructura* y *Sistemas de Transporte*, *Ingeniería Administrativa*, *Ingeniería Industrial* e *Ingeniería Mecánica*. Esta ampliación respondió tanto a exigencias provenientes del entorno socioeconómico y ambiental como a una lógica interna de diferenciación funcional orientada a la especialización académica, el fortalecimiento de la investigación y la consolidación institucional.

En coherencia con este proceso de complejización organizacional, se produjo también una reorientación de la función formativa, expresada en la incorporación explícita de la "ética profesional" en el currículo mediante asignaturas como *Seminarios de Proyectos de Ingeniería*. Esta incorporación no se limita al cumplimiento de disposiciones normativas de orden nacional, sino que puede leerse como una selección organizacional frente a expectativas emergentes en torno a la función social de la ingeniería y a los efectos de sus decisiones técnicas sobre el entorno social y ambiental. De este modo, la ética comienza a operar como una referencia comunicativa interna que permite a la Facultad observar y tematizar las consecuencias de la práctica profesional, introduciendo criterios de responsabilidad ambiental y reflexividad en la formación de los ingenieros.

Este proceso se refleja también en el *Plan de Acción de la Facultad de Minas 2001–2005*, el cual es revelador al establecer un perfil genérico del egresado de la Facultad que enfatiza en la "formación humana", "la sensibilidad frente a los problemas del entorno" y la "capacidad de innovar". Este perfil se define en coherencia con la alineación de la Facultad con el sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, y con un enfoque de extensión universitaria orientado al compromiso social (Villegas, 2016)

Estas transformaciones internas en la Facultad de Minas, como se ha venido demostrando, no se dieron de forma aislada, sino en estrecha articulación con los cambios estructurales impulsados por la Universidad Nacional de Colombia. Uno de los hitos más significativos en esta

dirección fue la reforma estatutaria consagrada en el *Acuerdo 011 de 2005 del CSU*, mediante el cual se adopta un nuevo *Estatuto General* que redefine la misión universitaria. Esta nueva orientación institucional se fundamenta en una visión incluyente y diversa, que proyecta a la Universidad tanto hacia la unidad nacional como hacia el escenario internacional. En este marco, se establecen como fines esenciales la "creación y asimilación crítica del conocimiento", la "formación de profesionales con base científica, ética y humanística", y la "promoción de ciudadanos libres y democráticos". Este cambio de horizonte permitió que la Facultad de Minas profundizara su acoplamiento con los sistemas científico, reorientando su oferta académica según criterios de pertinencia social y sostenibilidad.

En coherencia con esta visión renovada, la Facultad emprendió en 2008 una *Reforma Curricular* que constituyó un punto de inflexión al incorporar de manera sistemática la evaluación de "impactos sociales y ambientales" como un componente formativo obligatorio en los programas de ingeniería. Esta adquisición evolutiva operó como un mecanismo de reducción de complejidad frente a los riesgos generados por el sistema técnico-científico. Así, el proceso formativo universitario comienza a integrar una dimensión reflexiva que permite problematizar sus propias externalidades y proyecciones normativas.

Los efectos de este proceso de transformación se hicieron evidentes a través de adquisiciones organizacionales concretas. La Facultad de Minas experimentó un crecimiento sostenido en la matrícula de posgrados, acompañado por un aumento significativo en el número de docentes con formación doctoral. Entre 1990 y 2000, el número de estudiantes de posgrado pasó de 62 a 122, lo que representa un incremento de 60 estudiantes y un crecimiento relativo de 96,8% en la década. En el periodo completo (1990–2020), el número de estudiantes pasó de 62 a 1.450, lo que representa un aumento de 2.238% estudiantes.

Este fortalecimiento académico propició la consolidación de una estructura orientada hacia la excelencia y la investigación avanzada. Como resultado, la Facultad alcanzó estándares de calidad reconocidos por el *Consejo Nacional de Acreditación*, logrando la acreditación de once programas de pregrado, tres de los cuales fueron distinguidos con la *Orden Luis López de Mesa*[69], otorgada por la Presidencia de la República por su alta calificación.

[69] La "Orden Luis López de Mesa" es una alta condecoración del Ministerio de Educación Nacional (MEN) de Colombia, creada en 1999 para reconocer y exaltar programas académicos de Educación Superior que logran la Acreditación de Alta Calidad y contribuyen al mejoramiento educativo

De forma paralela, el posicionamiento académico e investigativo de la Facultad se consolidó también en el ámbito editorial. La revista institucional *DYNA* alcanzó la máxima categoría en la clasificación de Colciencias (A1) y, desde 2007, se encuentra indexada en bases de datos internacionales como el *Science Citation Index Expanded* y el *Journal Citation Reports/Science Edition*, consolidándose como un referente nacional e internacional en investigación en ingeniería (Villegas, 2016, p. 112). Este reconocimiento fue acompañado por la adopción de la innovación como principio orientador de las actividades científicas y académicas, así como por un fortalecimiento de la autonomía financiera a través del crecimiento sostenido de los recursos propios provenientes de la extensión universitaria y los proyectos de investigación.

Mientras la Facultad de Minas avanzaba en su transformación académica y organizacional, el entorno internacional también experimentaba una intensificación notable de las comunicaciones en torno a la "sostenibilidad" y la consolidación de una ética global del cuidado. Esta convergencia transnacional amplificó los estímulos para la reconfiguración de expectativas normativas dentro del sistema educativo superior, especialmente en las áreas científico-tecnológicas, donde comenzaron a estabilizarse comunicaciones que vinculaban directamente el conocimiento técnico con la responsabilidad social y ambiental.

En este escenario, uno de los hitos más significativos fue la adopción de los *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)* por parte de la *Asamblea General de las Naciones Unidas* en septiembre de 2000. *La Declaración del Milenio,* firmada por 189 Estados miembros, representó un acoplamiento estructural entre diversos sistemas funcionales (político, económico, científico, educativo) en torno a un compromiso global con la superación de problemas estructurales como la pobreza, el hambre, las enfermedades, el analfabetismo, la discriminación de género y la degradación ambiental (Gutiérrez, 2013).

Los *ODM* materializaron este acoplamiento mediante la formulación de ocho grandes objetivos con metas cuantificables y plazos definidos, marcando un giro paradigmático en la manera de abordar los desafíos globales. Entre ellos, el séptimo objetivo "Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente" introdujo de forma explícita la noción de que el desarrollo humano debía supeditarse al equilibrio ecológico y al acceso equitativo a los recursos naturales. La utilización de indicadores como herramientas de medición permitió traducir problemas complejos en cifras operativas, facilitando el seguimiento y la evaluación de las políticas públicas. Este enfoque, basado en la racionalidad técnico-administrativa, impactó profundamente a los sistemas

educativos al establecer nuevas formas de evaluar su eficiencia en función de su contribución concreta al "desarrollo sostenible".

En este contexto global, la *Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible* celebrada en Johannesburgo en 2002, conocida como *Río+10*, operó como una comunicación que reactivó y actualizó los compromisos internacionales derivados de la *Agenda 21*. Su función no se limitó a reiterar principios, sino a introducir expectativas orientadas a la traducción de diagnósticos en programas y decisiones concretas dentro de sistemas sociales, generando así nuevas irritaciones que ampliaron las condiciones de probabilidad para la incorporación de la "sostenibilidad" en sus operaciones. La cumbre reafirmó la transversalidad de la "sostenibilidad" como principio orientador de las relaciones sociales contemporáneas, y promovió una ética centrada en el cuidado de la vida, la equidad intergeneracional y la corresponsabilidad planetaria (Gutiérrez, 2013).

Estos eventos internacionales pueden interpretarse como expresiones de un sistema mundial altamente diferenciado que, mediante comunicaciones de orden normativo, busca coordinar funcionalmente subsistemas autónomos. *Los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)* constituyen una forma de programación simbólica que introduce códigos normativos compartidos entre gobiernos, universidades, empresas y organismos multilaterales, sin imponer una centralización normativa, sino operando como interfaz para gestionar expectativas mutuas desde la clausura operativa de cada sistema.

En conjunto, los procesos comunicativos observados permiten comprender que, hacia el cambio de siglo, la "sostenibilidad" dejó de operar como una expectativa difusa del entorno para convertirse en un criterio efectivamente seleccionado por la organización universitaria. Esta selección no se produjo mediante una imposición normativa directa, sino a través de una serie de decisiones organizacionales observables en planes de desarrollo, reformas estatutarias, reconfiguraciones curriculares, creación de programas de posgrado, dispositivos de evaluación y acreditación, que tradujeron las expectativas provenientes de los sistemas político, científico y ambiental en estructuras relativamente estables de sentido. La "sostenibilidad" comenzó así a funcionar como una referencia interna que orienta la observación, la programación y la toma de decisiones académicas, científicas y formativas, reduciendo la complejidad del entorno mediante criterios selectivos de pertinencia, responsabilidad y legitimidad.

Este cierre de la fase de selección habilita el tránsito hacia un momento ulterior del proceso evolutivo: la estabilización de la sostenibilidad como una comunicación estructurante de la

organización y, con ello, la consolidación de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas en el marco de las nuevas semánticas ambientales. En el capítulo siguiente se analizará cómo estas selecciones comienzan a sedimentarse progresivamente en formas organizacionales de autoobservación. Es en esta fase donde las comunicaciones éticas alcanzan un mayor grado de estabilidad, al reproducirse de manera recursiva en las operaciones cotidianas de la organización.

4.3.2.3 Comunicaciones normativas y semántica para la estabilización de la sostenibilidad

En el año 2015 emergieron el entorno internacional los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. Aprobados por 193 países en el seno de la *Organización de las Naciones Unidas*, estos 17 objetivos y sus 169 metas asociadas configuraron una "agenda universal" que redefinió las expectativas sociales sobre el desarrollo, estructurando las comunicaciones ético-ambientales con pretensión de globalidad y permanencia hasta el año 2030. A diferencia de sus predecesores (los *Objetivos de Desarrollo del Milenio*) los *ODS* integran de manera explícita las dimensiones económica, social y ambiental, y colocan en el centro de su narrativa la inclusión y la equidad bajo el lema "no dejar a nadie atrás".

Más allá de su carácter programático, la fuerza comunicativa de los *ODS* radica en su capacidad para articular múltiples sistemas funcionales en torno a una orientación normativa transversal. La educación, la ciencia, la política y el derecho se ven simultáneamente interpelados, introduciendo una matriz semántica que reconfigura sus operaciones bajo el prisma de la "sostenibilidad". En el ámbito ambiental, los *ODS* orientan la formulación de marcos jurídicos y políticas públicas dirigidas a la "gestión integral de los ecosistemas", el "uso responsable de los recursos naturales" y "la acción climática". En el plano educativo, se consolidan líneas de acción que transforman los contenidos curriculares, promueven una "ciudadanía global responsable" e introducen competencias relacionadas con la "sostenibilidad" como núcleo estructurante del proceso formativo. En el sistema científico, se refuerza la legitimidad de la investigación orientada a problemas globales, estimulando la innovación tecnológica, la cooperación interinstitucional y la producción de conocimientos útiles para la toma de decisiones basada en evidencia (Naciones Unidas, 2015)En este mismo año, y como parte del mismo proceso de codificación ética y ambiental a escala global, se adopta el *Acuerdo de París*, comunicación surgida a partir de la *21ª*

Conferencia de las Partes de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)* también conocida como la *COP21*. En éste se establecieron obligaciones procedimentales vinculantes mediante compromisos voluntarios de reducción de emisiones para mitigar el calentamiento global. Este *Acuerdo* establece tres objetivos fundamentales: limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de 2 °C (idealmente a 1,5 °C), fortalecer la resiliencia de los países frente a los impactos climáticos y reorientar los flujos financieros hacia una economía baja en carbono (Naciones Unidas, 2015).

La articulación entre los *ODS* y el *Acuerdo de París* conforma una estructura de expectativas globales que redefine los marcos de legitimidad de las organizaciones contemporáneas, entre ellas las universidades. Se trata pues, de un proceso de codificación que estabiliza ciertas comunicaciones mediante la introducción de referencias valorativas compartidas, que son asumidas por diversos sistemas funcionales como criterios de validación interna y de aceptación externa. Así, el sistema universitario no permanece al margen de esta transformación semántica, sino que se ve exigido a observar sus propias operaciones, "investigación, docencia y extensión", desde parámetros que trascienden la eficiencia técnica o el mérito académico, para incorporar dimensiones normativas vinculadas al "bienestar común, la justicia social y la sostenibilidad ambiental".

Los *ODS* y el *Acuerdo de París* configuran comunicaciones normativas de alta complejidad que, al ser procesadas selectivamente por el sistema universitario, operan como irritaciones estructuradas del entorno global. Mediante su traducción en programas, decisiones y descripciones institucionales, estas comunicaciones contribuyen a la reconfiguración de los esquemas de autoobservación organizacional y a la estabilización de formas específicas de relación con otros sistemas funcionales. En este contexto, la "sostenibilidad" emerge como una semántica que actúa como marco de referencia para observar las propias operaciones del sistema, introducir criterios de autoevaluación organizacional y proyectar la acción universitaria dentro de un horizonte normativo de alcance global.

En el caso colombiano, desde comienzos del siglo XXI, estas comunicaciones comenzaron a estabilizarse a través de la *Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA)*, aprobada en 2002 por el *Consejo Nacional Ambiental* como resultado de un proceso de coordinación entre el *Ministerio de Educación Nacional* y el entonces *Ministerio del Medio Ambiente*[70], creado en 1993

[70] https://www.minambiente.gov.co/

mediante la *Ley 99 de 1993*. Esta política opera como un mecanismo de institucionalización de las comunicaciones ambientales, al estabilizar programas y expectativas normativas que orientan la incorporación recurrente de la racionalidad ecológica en las operaciones del sistema educativo. A través de la creación de canales de articulación con el *Sistema Nacional Ambiental (SINA)* [71], la *PNEA* contribuyó a la estabilización de esquemas de sentido compartidos entre el sistema educativo y el campo ambiental.

Su propósito central consistió en ofrecer un marco conceptual y metodológico que, desde una "visión sistémica del ambiente y de la formación integral del ser humano", orientara las acciones de educación ambiental en los sectores formal, no formal e informal. En términos funcionales, la *PNEA* estableció mecanismos de concertación "interinstitucional", planeación y evaluación conjunta entre los sistemas educativo, ambiental, científico y de gestión del riesgo, con el fin de promover una cultura de "desarrollo sostenible", "fortalecer la conciencia ambiental" y "propiciar la participación ciudadana en la gestión responsable del entorno" (Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial & Ministerio de Educación Nacional, 2003).

Una década más tarde, la *Ley 1549 de 2012* (por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la *Política Nacional de Educación Ambiental* y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial), fortaleció jurídicamente su "institucionalización", al reconocer a la educación ambiental como un "proceso dinámico y participativo orientado a la formación de ciudadanos críticos y reflexivos", capaces de comprender las problemáticas ambientales de su entorno y de intervenir activamente en su transformación. Su objeto fue fortalecer la implementación de la *Política Nacional de Educación Ambiental* mediante estrategias "interinstitucionales e intersectoriales", e incorporar efectivamente la dimensión ambiental en los planes de desarrollo territoriales. La norma reafirmó las responsabilidades compartidas entre el *Ministerio de Educación Nacional* y el *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*, promoviendo la creación de "agendas comunes, instrumentos técnicos y mecanismos de planeación y seguimiento" que vinculan de manera orgánica a los sistemas educativo, ambiental y científico (Colombia. Congreso de la República, 2012)

[71] El Sistema Nacional Ambiental (SINA) es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten implementar los principios ambientales de la Constitución Política de Colombia de 1991 y la Ley 99 de 1993, promoviendo un desarrollo sostenible mediante una gestión descentralizada, democrática y participativa.

Esta *Ley* fijó mecanismos estables de coordinación entre ambos ministerios, al establecer programas y procedimientos que orientaron la articulación de sus estructuras organizacionales y la traducción recíproca de expectativas normativas. En este marco, la educación ambiental se consolidó como un eje de articulación comunicativa, a través del cual se hicieron operativas comunicaciones éticas asociadas a la sostenibilidad y la responsabilidad ecológica en las organizaciones educativas. Esta configuración favoreció la estabilización de una semántica compartida que, con posterioridad, facilitó la recepción y el procesamiento de los *ODS* y de los compromisos derivados del *Acuerdo de París* en el contexto nacional.

El *Decreto 1075 de 2015* de la Presidencia de la República, conocido como el *Decreto Único Reglamentario del Sector Educación*, operó como dispositivo de reducción de complejidad normativa al unificar la estructura reglamentaria del sistema educativo en todos sus niveles y modalidades; en su arquitectura incorpora disposiciones sobre educación ambiental que remiten a la *Política Nacional de Educación Ambiental* (2002) y a la *Ley 1549 de 2012*. Este acoplamiento se concreta en la formulación de lineamientos específicos sobre educación ambiental, en los que se establece que la dimensión ambiental "debe estar presente de manera transversal en todos los niveles del sistema educativo". Entre estos mecanismos estabilizadores se destacan la creación y consolidación de espacios intersectoriales como la *Comisión Nacional de Educación Ambiental (CNEA)*[72], que opera como estructura organizacional de acoplamiento y punto de referencia comunicativo entre el *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible* (Minambiente), el *Ministerio de Educación Nacional*, así como la promoción de "instrumentos pedagógicos" como los *Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)* y los *Proyectos Ciudadanos de Educación Ambiental (PROCEDA).* Estos dispositivos se sostienen en una coordinación recurrente que supone un procesamiento selectivo de expectativas: Mientras el ámbito ambiental produce lineamientos técnicos, orientaciones normativas y recursos, el sistema educativo los procesa selectivamente y los traduce en prácticas pedagógicas de acuerdo con sus propias estructuras curriculares, organizativas y decisionales, preservando de este modo su clausura operativa y su autonomía funcional.

[72] La Comisión Nacional de Educación Ambiental (CNEA) es un órgano consultivo y de coordinación creado en el marco del Sistema Nacional Ambiental (SINA) y la Política Nacional de Educación Ambiental (PNEA) de Colombia, para articular esfuerzos entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente), el Ministerio de Educación Nacional y otras entidades en temas de educación ambiental.

En este mismo horizonte se sitúa el *Plan Nacional Decenal de Educación 2016–2026 (PNDE)*, principal instrumento de planificación estratégica del sector educativo colombiano para la década. Este *Plan* además de reconocer las expectativas del entorno nacional respondió de forma explícita a los compromisos internacionales adquiridos por el país, especialmente los *ODS* y el *Acuerdo de París*. La "sostenibilidad" ambiental se incorpora como un eje transversal de la política educativa y como un referente formativo que reorienta la autodescripción del sistema educativo frente a su entorno (Colombia. Ministerios de Educación Nacional, 2017).

El *PNDE* formula entre sus desafíos estratégicos la necesidad de fortalecer la educación para la "ciudadanía, la sostenibilidad y el desarrollo humano". A partir de este eje, establece líneas de acción centradas en la transversalización curricular de la educación ambiental, el fortalecimiento de los *Proyectos Ambientales Escolares (PRAE)*, y la consolidación de una cultura organizacional orientada a la "sostenibilidad". Asimismo, insiste en la importancia de la articulación intersectorial entre el *Ministerio de Educació*n y el *Ministerio de Ambiente* para diseñar políticas conjuntas, formar docentes, y desarrollar estrategias pedagógicas alineadas con los compromisos internacionales en materia de sostenibilidad.

Estas comunicaciones configuran una infraestructura normativa y organizacional que estabiliza la semántica de la "sostenibilidad" en el sistema, transformando las exigencias globales en orientaciones concretas. Este proceso da lugar a una forma especializada de comunicación que reconfigura el sentido de la educación ambiental: no como un simple contenido curricular, sino como una operación estructural que atraviesa las dimensiones pedagógica, organizativa y política del sistema.

4.3.2.4. La estabilización de las comunicaciones sobre sostenibilidad en la Universidad Nacional de Colombia

En el marco de la reestabilización organizacional, el nivel macrocurricular constituye el punto de partida para observar cómo la Universidad Nacional de Colombia ha configurado una infraestructura normativa y semántica que permite la reproducción de las comunicaciones sobre "sostenibilidad". Este nivel alude al conjunto de disposiciones que orientan y regulan la vida académica, administrativa y formativa de la organización, las cuales no solo delimitan su operación

cotidiana, sino que también expresan su capacidad de responder a las expectativas del entorno nacional y global.

A diferencia de las observaciones realizadas en el apartado anterior, centradas en las comunicaciones normativas externas, en esta sección la observación se dirige hacia las comunicaciones que emergen desde el interior de la Universidad, aquellas que estructuran su marco autorreferencial y le otorgan sentido a su proyecto educativo en relación con la "sostenibilidad". Estas comunicaciones, producidas en distintos niveles jerárquicos, articulan una red de orientaciones que va desde los "documentos institucionales" de mayor alcance, como el *Proyecto Educativo Institucional (PEI)*, el *Plan Estratégico Institucional (PLEI)* y el *Plan Global de Desarrollo (PGD)*, hasta los *Planes de Acción* de Sede y Facultad, donde se concretan en objetivos operativos y metas específicas.

El análisis de este entramado documental permite observar cómo la "sostenibilidad" se estabiliza como una comunicación legítima al interior de la organización universitaria, dejando de operar exclusivamente como referencia del entorno para integrarse a la semántica que orienta sus decisiones. En este proceso, los documentos estratégicos actúan como mecanismos de articulación organizacional que reespecifican las demandas sociales y ambientales en categorías propias, habilitando la incorporación de nuevas referencias éticas, ambientales y sociales que posteriormente se reflejan en las comunicaciones de la Facultad de Minas.

4.3.2.5 Análisis macrocurricular

El *Proyecto Educativo Institucional* de la Universidad Nacional de Colombia (PEI)[73] es entendido aquí como una comunicación normativa que orienta y coordina las operaciones internas de la organización y, al mismo tiempo, reespecifica expectativas del entorno en términos compatibles con su estructura organizacional. Desde esta perspectiva, el *PEI* consolida la autodescripción de la Universidad Nacional de Colombia como una organización del sistema educativo estrechamente vinculada al sistema científico, estableciendo un marco programático general para la formación, la investigación y la proyección social.

Si bien el *PEI* no fija de manera explícita el concepto de "sostenibilidad" como categoría diferenciada, sí incorpora referencias sustantivas al cuidado del medio ambiente, a los recursos

[73] Adoptado en el Acuerdo 209 de 2015

naturales y a la responsabilidad ética, ambiental y social como componentes centrales de su proyecto formativo. Estas referencias configuran una semántica ambiental de base que opera como condición de posibilidad para que, en comunicaciones organizacionales posteriores (como *el Plan Estratégico Institucional (PLEI),* el *Plan Global de Desarrollo (PGD)* y los *Planes de Acción de Sede y Facultad*) dicha semántica sea progresivamente reespecificada y condensada bajo el concepto de "sostenibilidad". En este sentido, el *PEI* no introduce la noción como término estabilizado, pero sí prepara semánticamente su posterior explicitación, permitiendo su integración coherente en los programas académicos, científicos y organizacionales de la Universidad.

Esta comunicación permite comprender que su función radica en traducir las expectativas del entorno en criterios internos de orientación organizacional, dotándolos de legitimidad y estabilidad dentro del marco operativo de la educación superior. En el caso de la Universidad Nacional de Colombia, esta traducción adquiere un carácter específico en la medida en que, como universidad del Estado[74], procesa de forma particularmente intensa las expectativas generadas por las políticas públicas, los lineamientos ministeriales y los mandatos legales nacionales, sin que ello suponga una subordinación directa ni la pérdida de su autonomía institucional.

El *Proyecto Educativo Institucional* se configura, así como un dispositivo comunicativo que permite observar cómo la Universidad articula expectativas externas provenientes del entorno estatal y social con sus propios programas académicos, científicos y formativos, reespecificándolos en términos compatibles con sus estructuras organizacionales y decisionales. Esta función traductora puede observarse con claridad en las autodescripciones organizacionales que la Universidad produce a través de su *Misión* y su *Visión*, en las cuales se condensan y estabilizan los criterios mediante los cuales la organización orienta sus funciones.

En su *Misión*, la Universidad se define como "Universidad de la Nación" encargada de "fomentar el acceso con equidad al sistema educativo", "formar profesionales competentes y socialmente responsables", y "contribuir al estudio y enriquecimiento del patrimonio cultural, natural y *ambiental* del país", articulando estas funciones bajo condiciones de autonomía académica e investigativa. Por su parte, la *Visión* refuerza esta autodescripción al situar a la

[74] Misión de la universidad Nacional de Colombia: Como Universidad de la Nación fomenta el acceso con equidad al sistema educativo colombiano, provee la mayor oferta de programas académicos, forma profesionales competentes y socialmente responsables. Contribuye a la elaboración y resignificación del proyecto de nación, estudia y enriquece el patrimonio cultural, natural y ambiental del país. Como tal lo asesora en los órdenes científico, tecnológico, cultural y artístico con autonomía académica e investigativa (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

Universidad como una organización pública de educación superior llamada a articular proyectos nacionales y regionales orientados al avance social, científico y tecnológico del país, garantizando una "formación de alta calidad" bajo criterios de equidad y reconociendo la diversidad de orientaciones académicas, todo ello soportado en estructuras organizacionales transversales (Universidad Nacional de Colombia, 2015).

A su vez, el *PEI* opera como un instrumento de reducción de complejidad que permite a la Universidad seleccionar, entre la multiplicidad de expectativas del entorno, aquellas que resultan comunicativamente viables dentro de su estructura normativa. En este proceso, las referencias externas a "responsabilidad ambiental" y al "desarrollo sostenible" no se incorporan de manera directa, sino que son reespecificadas a través de criterios de legitimidad propios del sistema educativo, tales como: calidad académica, pertinencia social, excelencia académica y científica, responsabilidad social y ambiental[75].

Esta lógica se hace explícita en la *Visión* de la Universidad, donde la organización se autodescribe como una universidad pública inmersa en un entramado académico global y orientada a su inserción en dinámicas internacionales de producción de conocimiento. Al autodescribirse como una organización de "clase mundial", orientada por estándares de calidad académica, infraestructura y flexibilidad pedagógica, la Universidad establece criterios internos para procesar las exigencias del entorno global en coherencia con su proyecto educativo institucional. En este marco, las demandas nacionales e internacionales son procesadas a través de mecanismos de legitimación propios del sistema educativo, definidos por criterios internos de evaluación y autoobservación organizacional. Estos criterios se articulan con organizaciones del entorno estatal, particularmente el *Ministerio de Educación Nacional*, a través del *Sistema Nacional de Acreditación* y del *Consejo Nacional de Acreditación (CNA)*, así como con expectativas provenientes del sistema científico, ambos operando en horizontes crecientemente globalizados. En este sentido, el *Acuerdo 02 de 2020*[76] del *Consejo Nacional de Educación Superior* (*CESU*) constituye una formalización normativa de estos procesos, al fijar referentes de calidad y legitimación que orientan la autoevaluación y la proyección institucional de la universidad. Al respecto se observa en el Acuerdo:

[75] Véase Ley 30 de 1992 (por el cual se organiza el servicio público de la Educación Superior), Acuerdo 02 de CESU (Por el cual se actualiza el modelo de acreditación en alta calidad), Acuerdo 209 de 2015 (Por el cual se adopta el Proyecto Educativo Institucional -PEI- de la Universidad Nacional de Colombia)

[76] Actualizado mediante el Acuerdo 01 de 2025.

> Que la definición de un *Sistema de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior* indica la importancia de la transformación continua de las instituciones de educación superior, así como de los programas académicos para atender a los cambios sociales, culturales y ambientales. (Colombia. Ministerio de Educación Nacional, 2020, p.4)

Esta traducción adquiere fuerza reflexiva cuando se observa a la luz del *Acuerdo 209 de 2015*, mediante el cual la Universidad adopta su *Proyecto Educativo Institucional* y explicita sus *Principios de Formación*. En particular, el *Principio de Formación Integral* muestra cómo la Universidad incorpora expectativas éticas y ambientales del entorno como referencias internas de autoobservación, al respecto se observa: "la Universidad formará una comunidad académica con dominio de pensamiento sistémico, alta capacidad conceptual y experimental, y sensibilidad ética, humanística, ambiental y social" (Universidad Nacional de Colombia, 2015). De este modo, la responsabilidad ambiental no se configura como una exigencia impuesta desde el entorno, sino como una orientación programática internalizada por la organización, a través de la cual se articulan capacidades cognitivas, disposiciones éticas y competencias para el abordaje de problemas complejos, en congruencia con la racionalidad académica y científica del quehacer universitario.

Esta misma lógica se refuerza cuando el *PEI* establece, como función clave para este proceso la formación de "profesionales e investigadores sobre una base científica, ética y humanística, dotados de una conciencia crítica que les permita actuar responsablemente frente a los requerimientos y tendencias del mundo contemporáneo y liderar creativamente procesos de cambio" (Universidad Nacional de Colombia, 2015)

En conjunto, el *Proyecto Educativo Institucional* permite observar un primer nivel de estabilización de estas comunicaciones ético-ambientales en el sistema universitario, en tanto fija un marco semántico y normativo general desde el cual la organización orienta sus decisiones y delimita aquello que resulta comunicativamente pertinente para su operación. Sin embargo, esta estabilización permanece aún en un nivel programático amplio, propio de una autodescripción de alcance general, que no define prioridades estratégicas ni mecanismos específicos de implementación. Será en comunicaciones organizacionales posteriores, especialmente en el *Plan Estratégico Institucional (PLEI)*, donde estas orientaciones se reespecifican en objetivos, líneas de

acción y criterios de evaluación más precisos, permitiendo observar cómo la semántica ambiental previamente incorporada se traduce en decisiones estratégicas y en estructuras organizacionales orientadas a la sostenibilidad.

El *Plan Estratégico Institucional 2034 (PLEI-2034),* publicado en 2021, opera como una forma avanzada de autorreferencia institucional, mediante la cual la Universidad Nacional de Colombia observa sus propias operaciones y proyecta su continuidad frente a las transformaciones del entorno. Más que un instrumento de planeación administrativa, el *PLEI-2034* constituye una comunicación estratégica, en la medida en que orienta las decisiones organizacionales a partir de la observación del propio funcionamiento universitario en relación con los sistemas político, científico, económico y educativo. El *PLEI-2034* explicita la necesidad organizacional de "anticipar y descifrar las transformaciones requeridas para honrar su misión con la nación desde sus nueve sedes, en el marco de la gestión del conocimiento y como universidad pública, nacional y latinoamericana" (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

De este modo, el *PLEI-2034* se configura como una comunicación estratégica a través de la cual la Universidad procesa de manera selectiva expectativas del entorno, traduciéndolas en orientaciones internas que guían su planeación y toma de decisiones. En articulación con el *PEI*, estas orientaciones no implican la adopción directa de agendas externas, sino su reformulación en términos compatibles con la racionalidad universitaria, lo que habilita la estabilización de nuevas prioridades organizacionales. Entre ellas se destacan aquellas asociadas a la "sostenibilidad", incorporada como parte de un proyecto institucional que se concibe simultáneamente en clave nacional y global. Esta orientación se expresa, por ejemplo, en el objetivo estratégico de "fortalecer, consolidar y gestionar las capacidades de la comunidad universitaria para responder a los retos de investigación, creación cultural y artística, emprendimiento e innovación social y tecnológica que demandan el desarrollo sostenible y la paz" (Universidad Nacional de Colombia, 2021, p. 14).

En coherencia con esta orientación, el *PLEI-2034* se organiza en siete núcleos estratégicos, cada uno de los cuales proyecta apuestas de transformación organizacional hacia el horizonte 2034. Estos núcleos operan como marcos programáticos que permiten desagregar la comunicación estratégica en orientaciones más específicas, facilitando su incorporación en decisiones, prácticas y estructuras internas. Entre ellos, varios resultan especialmente relevantes para la estabilización de las semánticas de la "sostenibilidad", en la medida en que articulan dimensiones académicas,

científicas, sociales y ambientales, y las integran como criterios recurrentes de orientación institucional.

En el *Núcleo de la Gestión del Conocimiento*[77], se traza como propósito el "conocimiento abierto como motor de desarrollo sostenible" donde, "la construcción de conocimiento debe tener como premisa básica la cualificación equitativa e integral de las condiciones de vida de las comunidades en sus contextos y la protección del medioambiente nacional y planetario". A ello se suman acciones que buscan afianzar la "interculturalidad, la equidad, la inclusión, el enfoque de género, la ética y la transdisciplinariedad" como elementos constitutivos del proceso educativo (Universidad Nacional de Colombia, 2021. p.20).

El *Núcleo de Liderazgo Colectivo e Incidencia en la Sociedad* refuerza esta orientación al hacer referencia a las "apuestas estratégicas con sectores gubernamentales, productivos y comunidades que permitan construir políticas públicas y proyectos prioritarios en asuntos estratégicos para el Estado y la nación como la paz, la educación, la política nacional de ciencia, tecnología e innovación y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*" (Universidad Nacional de Colombia, 2021. p. 22). Para lo cual establece como propósito "pensar y construir paz y desarrollo sostenible como orientador transversal de las relaciones con sectores públicos y privados" (Universidad Nacional de Colombia, 2021. p. 25). La mención explícita a los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* dentro de este núcleo evidencia que el alineamiento con la "sostenibilidad" no es periférico, sino normativo, e implica la formulación de estrategias, indicadores y métricas que midan el impacto de la Universidad en relación con el "cambio climático, la equidad social y el desarrollo territorial".

Por su parte, el *Núcleo de Campus Sustentables* se convierte en un escenario clave de materialización de estos compromisos, al establecer que los campus universitarios deben ser "referentes nacionales y latinoamericanos en innovación pedagógica, ambiental y tecnológica [...] multifuncionales, sostenibles y sustentables" (Universidad Nacional de Colombia, 2021. p. 53). Para lograrlo, se trazan estrategias como la integración de los *ODS* en los "proyectos de infraestructura y tecnología y la consolidación de un ecosistema de campus y *Campos Sustentables UNAL*" (Universidad Nacional de Colombia, 2021). De este modo, la Universidad se inserta en un horizonte de comunicaciones globales en el que estas iniciativas se han configurado como

[77] Macrodireccionador que orienta la gestión del conocimiento de la Universidad para que responda a los asuntos estratégicos de la nación colombiana, aporte al desarrollo del país desde los territorios y promueva las transformaciones del mundo, abordando las problemáticas con enfoques inter, transdisciplinariosy colaborativos. (PLEI, 2034, p.16)

proyectos de transformación social que trascienden la mera construcción física, al articular gestión del conocimiento, desarrollo sostenible y bienestar comunitario.

A nivel organizacional, el *PLEI* también explicita la necesidad de nuevos indicadores de impacto en investigación, distintos a las publicaciones, que permitan resaltar los aportes al desarrollo social y a los *ODS* de la *Agenda 2030*. Esta redefinición de métricas institucionales supone un cambio profundo en los criterios de legitimación académica, al reconocer como centrales las contribuciones a la "sostenibilidad".

En este marco, el *Consejo Superior Universitario*, declaró de manera explícita que las "acciones frente al cambio climático constituyen un asunto prioritario de gestión universitaria", reconociendo un estado de emergencia y comprometiéndose con "medidas urgentes y drásticas para mitigar su impacto y cumplir con los *ODS*" (Universidad Nacional de Colombia, 2021. p. 111). Esta comunicación no es menor, pues implica efectos de orden presupuestal, organizacional y administrativo que atraviesan toda la estructura universitaria.

El *PLEI-2034* también hace visible la proyección internacional de la Universidad en este campo, expresada en su participación en redes y organismos de alcance regional. En este marco, en 2019 Dolly Montoya Castaño, en calidad de Rectora de la Universidad Nacional de Colombia, asumió la presidencia de la *Unión de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL)*, hecho que reforzó el posicionamiento institucional de la Universidad Nacional de Colombia en los espacios latinoamericanos de discusión sobre educación superior y sostenibilidad. A ello se suma la alineación organizacional con iniciativas globales como el *Proyecto de la UNESCO Sobre el Futuro de la Educación al 2050 y La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)*, donde la sostenibilidad de la humanidad y del planeta aparece como eje rector (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

En suma, el *PLEI-2034* no solo orienta la planeación de la Universidad Nacional, sino que estabiliza la "sostenibilidad" como un eje normativo transversal, al vincularla con la misión investigativa, el liderazgo social, la transformación cultural y la infraestructura institucional.

Por su parte, un análisis comparativo de los *Planes Globales de Desarrollo (PGD)* 2019–2021 y 2022–2024 de la Universidad Nacional de Colombia permite observar cómo las comunicaciones en torno a la sostenibilidad se estabilizan progresivamente en el sistema universitario, actualizándose en los distintos subsistemas que lo configuran. Estos planes funcionan como expresiones normativas de un proceso más amplio de autorreferencia organizacional, en el

cual la sostenibilidad se consolida como una comunicación orientadora que contribuye a estabilizar el quehacer universitario en sus diversas dimensiones.

En el *Plan Global de Desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia (PGD) 2019–2021*, titulado *Proyecto Cultural y Colectivo de la Nación*, en cuya elaboración participó, en calidad de Decana de la Facultad de Minas, Verónica Catalina Botero Fernández, la "sostenibilidad" se integró como un principio transversal de orientación institucional. En esta comunicación, la "sostenibilidad" se asocia explícitamente con la "gestión responsable de los recursos", "la construcción de campus sostenibles" y "la formación de ciudadanos con conciencia ética, social y ambiental". De este modo, el *PGD* articula la misión universitaria con los desafíos globales del desarrollo sostenible, traduciéndolos en lineamientos concretos para la "investigación, la extensión y la docencia".

La observación de esta comunicación permite identificar un proceso de estabilización de las relaciones entre la función educativa y las comunicaciones ambientales, en el cual la sostenibilidad opera simultáneamente como un horizonte ético de orientación y como un criterio de viabilidad organizacional, al ser reespecificada dentro del marco semántico del sistema científico. Un ejemplo de ello se observa en el *Eje Estratégico 3*, titulado *La Universidad Nacional de Colombia como proyecto cultural de la nación*, donde la Universidad se orienta a la construcción, desde el conocimiento, de una sociedad "flexible", "sostenible" y en "paz", capaz de transformarse y adaptarse de manera permanente. En este eje, la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU)* [78] se establece como referente explícito de acción (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

Asimismo, el *Sexto Programa* del *Plan*, orientado a responder a los retos estratégicos del país, plantea la necesidad de fortalecer, consolidar y gestionar de forma más eficiente y sistemática las capacidades de la Universidad Nacional de Colombia para afrontar los desafíos asociados a la creación, la investigación, la innovación social y tecnológica y el emprendimiento, en relación con el propósito del desarrollo sostenible nacional. En este marco, adquieren especial relevancia la conformación de alianzas y lazos de cooperación tanto a nivel nacional como internacional, y se define como área estratégica prioritaria el campo de "ciencia y tecnología para el desarrollo sostenible y la biodiversidad protegida (Universidad Nacional de Colombia, 2021, p.80).

[78] Esta agenda, que aborda el problema del desarrollo en tres dimensiones (económica, social y ambiental), consiste en un amplio plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, y le ha dado a la educación un lugar central para avanzar en estos propósitos (PGD 2019-2021, p.56).

Por su parte, el *Plan Global de Desarrollo (PGD) 2022–2024*, titulado *El Futuro lo Construimos Hoy*, amplifica y densifica esta semántica al establecer como insumos y orientaciones para su formulación los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*, además de acoger la *Declaratoria de Emergencia Climática del Consejo Superior Universitario* (2021) y las recomendaciones de la *Misión Internacional de Sabios* (2019)[79]. En esta comunicación, la Universidad se autodescribe como un "proyecto cultural, científico y colectivo" que, desde un modelo intersedes y con enfoque territorial de alcance nacional, "actúa a partir del saber universal frente a realidades, problemas y procesos internos y contextuales", observados bajo el prisma de la sostenibilidad (social, financiera y ambiental) y de la sustentabilidad, entendidas tanto en una "dimensión ética como política" (Universidad Nacional de Colombia, 2024, p. 62).

Con en este nuevo marco programático, la "sostenibilidad" se despliega en programas y dispositivos organizacionales concretos, entre los que se destaca el *Ecosistema UNAL de Campus y Campos Sustentables*. Asimismo, el *Plan* fija metas verificables, como el logro de un 60 % en el indicador *Porcentaje de políticas de sostenibilidad UNAL* implementadas a partir de los factores del *GreenMetrics*[80] para el año 2024 (Universidad Nacional de Colombia, 2024). De manera complementaria, el eje estratégico *Universidad Autónoma y Sostenible* articula dimensiones financieras, administrativas, académicas y ambientales, evidenciando que la "sostenibilidad" no se circunscribe a un ámbito específico, sino que se reespecifica transversalmente en distintos subsistemas organizacionales.

Esta traducción se hace visible en la definición de acciones concretas. Por ejemplo, en las acciones asociadas al *E1P2* del *PGD 2022–2024* se plantea el establecimiento de un "plan de gestión de activos de infraestructura para el desarrollo sostenible", orientado por criterios institucionales, ambientales, financieros y sociales, con horizonte al año 2034, y vinculado a fuentes de financiamiento diferenciadas que permitan priorizar las obras a ejecutar. De igual modo, se propone la generación de redes de sinergias con actores internos y externos a la Universidad, orientadas al cuidado del medio ambiente y a la "sostenibilidad" (Universidad Nacional de Colombia, 2024, p.72).

[79] La Misión Internacional de Sabios 2019 fue convocada por el Gobierno Nacional de Colombia en febrero de ese año, reuniendo a un grupo de expertos. Esta iniciativa buscó impulsar la ciencia, la educación y el desarrollo en el país, enfocándose en áreas clave como la movilidad internacional, el fortalecimiento de capacidades, la innovación, la productividad y la formación de capital humano de alto nivel.

[80] Ranking mundial de universidades centrado en campus verdes y sostenibilidad ambiental. https://greenmetric.ui.ac.id/

Desde una perspectiva sistémica, este proceso permite observar cómo las comunicaciones normativas no se imponen de manera exógena, sino que se constituyen como traducciones organizacionales de irritaciones provenientes del entorno, procesadas en el marco de la autonomía universitaria. La "sostenibilidad" se reespecifica así de acuerdo con los programas y estructuras decisionales de cada subsistema (académico, científico, administrativo y financiero), actualizándose en múltiples registros sin perder su coherencia semántica básica. En este sentido, el acoplamiento cumple una doble función: orienta a la Universidad hacia prácticas organizacionalmente responsables y, al mismo tiempo, resignifica la "sostenibilidad" al hacerla operativa dentro de marcos funcionales diferenciados.

La paradoja de este proceso radica en que es el propio sistema universitario el que introduce, estabiliza y reproduce los referentes éticos que luego utiliza para observarse y transformarse. En el caso de la "sostenibilidad", la Universidad genera las comunicaciones que, al institucionalizarse, se convierten en criterios de autoevaluación y continuidad organizacional. Se trata, así, de un proceso autopoiético en el que la semántica ética opera como una observación de segundo orden que se consolida como referencia estructurante para la evolución del sistema mismo. En esta dimensión, los *Planes de Desarrollo* muestran cómo la "sostenibilidad" se configura como un imperativo ético-organizacional que orienta la redefinición de la misión y la autonomía de la Universidad Nacional de Colombia frente a los desafíos sociales, ambientales y culturales de la contemporaneidad.

La traducción concreta de estas comunicaciones dentro de la organización se materializa, como se mencionó anteriormente, a través de los *Planes de Acción*. Estos constituyen los instrumentos comunicativos mediante los cuales se evidencia la puesta en operación organizacional de lo declarado en las comunicaciones estratégicas de mayor alcance. Su naturaleza es fundamentalmente presupuestal, en la medida en que expresan la asignación y distribución de recursos orientados a convertir en prácticas efectivas aquello que ha sido previamente proyectado en los lineamientos institucionales de la Universidad Nacional de Colombia.

En la *Sede Medellín*, durante los últimos veinte años, se han formulado siete *Planes de Acción*. Una observación a cuatro de estas siete comunicaciones permite identificar la emergencia progresiva de las comunicaciones vinculadas con la sostenibilidad, mostrando cómo este código ha ido permeando gradualmente las distintas esferas de gestión universitaria desde una mirada cuantitativa.

Tabla 14.
Análisis Planes de Acción de Sede Medellín- Universidad Nacional de Colombia.

Indicador	Plan 2004 – 2006	Plan 2010 - 2012	Plan 2016 – 2018	Plan 2022 – 2024
Frecuencia Relativa/1000[81]	2,1	1,2	2	6,4
Presupuesto ambiental	1.13%	0,73%	1.75%	10%
Proyectos específicos	1	1	2	2*
Ubicación estratégica	Cumplimiento	Desarrollo Institucional	Marginal	Eje completo
ODS como marco	No existe	No existe	No existe	Explícito

Nota. Adaptado de los *Planes de Acción,* por la Universidad Nacional de Colombia, 2004, 2010, 2016, 2022 (https://planeacion.unal.edu.co/)

El análisis de los *Planes de Acción de la Sede Medellín* entre 2004 y 2024 evidencia un proceso de incorporación progresiva de las comunicaciones sobre "sostenibilidad"[82] en el sistema universitario. La evolución de la semántica, la asignación presupuestal y la ubicación estratégica de los proyectos muestra cómo estas comunicaciones han transitado desde la periferia hacia el núcleo operativo de la organización, configurándose como un código ético que moldea las prácticas institucionales como se estará demostrando para el caso concreto de la Facultad de Minas.

En el *Plan de Acción de Sede 2004–2006*, las referencias ambientales se reducen a 2.1 menciones por cada mil palabras y se concentran en proyectos de cumplimiento normativo, como el "almacenamiento de residuos" o el "ordenamiento físico del campus". Según lo analizado, la dimensión ambiental aparece únicamente como irritación externa, una respuesta a exigencias regulatorias del *Área Metropolitana*, sin diferenciarse como una semántica organizacional estratégica

En el *Plan de Acción de Sede 2010–2012* representa un retroceso. Con solo 1.2 menciones por cada mil palabras y menos del 1% del presupuesto destinado a lo ambiental, la "sostenibilidad" no se integra aún en la "planeación estratégica". El único proyecto ambiental se ubica en la línea de desarrollo institucional, restringido al "diagnóstico físico de los predios". Una variación se

[81] Número de veces que aparece la palabra *"sostenibilidad"* (y variantes como *"sustentabilidad"*, *"desarrollo sostenible"*, *"ambiental"*, etc.) en cada documento.
[82] Se consideraron comunicaciones que hacen parte de su configuración semántica como: "sostenibilidad", "sustentabilidad", "ambiental", "gestión ambiental", "desarrollo sostenible", "ODS".

identifica en el *Plan de Acción de Sede 2016–2018*, donde la frecuencia aumenta a 2 menciones por cada mil palabras. No obstante, lo ambiental se formula aún como problema a resolver y no como "estrategia institucional". Los proyectos asociados representan apenas el 1.75% del presupuesto total, lo que denota un tratamiento marginal.

El punto de inflexión ocurre en el *Plan de Acción de Sede 2022–2024 El Futuro lo Construimos Hoy*, donde la frecuencia alcanza 6.4 menciones por cada mil palabras y se registran 65 apariciones relacionadas con la "sostenibilidad". Este plan introduce explícitamente los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)* como referente global y crea programas estructurales como el *Ecosistema UNAL de Campus y Campos Sustentables*, con asignaciones presupuestales superiores al 70% de un eje estratégico.

A modo de cierre, el recorrido realizado en este apartado ha permitido observar cómo la Universidad Nacional de Colombia ha construido, a nivel macrocurricular y organizacional, un entramado normativo, estratégico y presupuestal que posibilita la estabilización de la "sostenibilidad" como una comunicación legítima y operativa dentro del sistema universitario. Desde el *Proyecto Educativo Institucional* hasta los *Planes Globales de Desarrollo* y los *Planes de Acción*, se evidencia un proceso progresivo de reespecificación mediante el cual referencias inicialmente externas, asociadas a agendas ambientales, éticas y de desarrollo sostenible, son traducidas en criterios internos de orientación, decisión y evaluación. Este proceso se presenta como una dinámica evolutiva en la que la "sostenibilidad" transita desde una posición periférica, ligada al cumplimiento normativo, hacia un lugar central en la autoobservación y en la planificación estratégica de la Universidad, articulándose con la misión académica, la producción de conocimiento y la gestión institucional. Sin embargo, esta estabilización adquiere densidad analítica plena cuando se observa en el nivel meso-organizacional, allí donde las orientaciones generales se traducen en prácticas concretas, decisiones curriculares, proyectos académicos y dinámicas propias de unidades específicas. En este sentido, el apartado siguiente se ocupa de la Facultad de Minas como caso de observación privilegiado, con el fin de analizar cómo esta semántica de la "sostenibilidad" se estabiliza, se resignifica y se operacionaliza en un contexto disciplinar particular, históricamente vinculado a la ingeniería, la ciencia aplicada y la relación con el entorno productivo y territorial. A partir de este desplazamiento analítico, será posible comprender de qué manera las comunicaciones ético-ambientales se integran a la racionalidad de

la Facultad, configurando formas específicas de acoplamiento entre "sostenibilidad", formación profesional e identidad organizacional.

4.3.3. Momento de observación N°4: Observación de la reestabilización de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas.

4.3.3.1. Inversión y presupuesto: la sostenibilidad como hecho

La traducción de la "sostenibilidad" en operaciones organizacionales observables en la Facultad de Minas se hace particularmente visible en la asignación presupuestal y en los mecanismos de rendición de cuentas, observables en comunicaciones como los *Informes de Gestión de Facultad*. En estos, se documenta las actividades académicas, administrativas, de investigación, extensión e infraestructura realizadas anualmente, para rendir cuentas a la comunidad universitaria y sociedad. Su función principal es evaluar el cumplimiento de metas misionales, evidenciar avances en procesos como acreditaciones, eventos y proyectos, y proponer mejoras para la operación eficiente.

Una de las estrategias más evidentes desarrolladas en la Facultad de Minas es el programa *Campus Sostenible*, que forma parte de la estrategia homónima de la Universidad Nacional de Colombia[83]. Este programa constituye un punto de partida para observar cómo la "sostenibilidad" ha sido procesada y estabilizada como comunicación en la organización, desplegándose a través de diferentes subsistemas. La exposición comienza desde lo físico (infraestructura y gestión ambiental) hasta el nivel mesocurricular, evidenciando cómo la semántica de la sostenibilidad se incorpora al proyecto educativo de la Facultad.

Campus Sostenible se configura como un dispositivo organizacional mediante el cual la Facultad traduce las demandas globales, nacionales y locales sobre protección ambiental y gestión "sostenible" en operaciones observables y recurrentes. Desde la política ambiental institucional *(Acuerdo 016 de 2011)* y la creación de la *Oficina de Gestión Ambiental (Acuerdo 166 de 2014)*[84], la Facultad ha desarrollado planes integrales de manejo de agua, energía, residuos, flora y fauna, junto con programas de eficiencia, mitigación de impactos y sensibilización. Estas estructuras

[83] Acuerdo 016 de 2011 del Consejo Superior Universitario (CSU)
[84] https://sga.medellin.unal.edu.co/quienes-somos/oficina-de-gestion-ambiental.html

permiten que las expectativas externas sobre "sostenibilidad" se filtren en la operación cotidiana, estabilizándose como comunicaciones organizacionales que orientan decisiones administrativas, curriculares y de investigación sin comprometer la clausura operativa de la organización (Campus Sostenible, sf).

El programa articula acciones en investigación, docencia y gestión institucional, generando un acoplamiento que integra conocimientos científicos, tecnologías disponibles y referencias éticas en torno al cuidado de la vida. Proyectos como *Smart Campus*, la consolidación de la docencia en ingeniería mediante el *Instituto de Educación en Ingeniería (IEI)* y la implementación de estrategias de eficiencia energética y gestión de residuos ejemplifican cómo la "sostenibilidad" se introduce en operaciones concretas. A su vez, el *Manifiesto Campus Sostenible*[85] articula explícitamente la relación entre ciencia, ética y sostenibilidad, mostrando cómo las comunicaciones científicas hacen visibles impactos ambientales acumulativos y riesgos sistémicos, que son reespecificados por la organización en términos éticos y operativos.

La Facultad, al observar los efectos del sistema económico sobre el entorno, produce comunicaciones orientadas al cuidado y la preservación, integradas a la lógica académica y científica de la organización. La alineación con los *Objetivos de Desarrollo Sostenible* y la *Agenda 2030* funciona como acoplamiento estructural con el entorno global, permitiendo que la sostenibilidad se traduzca en los distintos subsistemas (académico, científico, administrativo, financiero e infraestructural) mediante códigos y programas propios. De este modo, el *Manifiesto* no solo declara un compromiso, sino que estabiliza una comunicación que organiza la autodescripción de la Facultad, orientando la selección de decisiones, la formulación de programas y la asignación de recursos, consolidando la 'sostenibilidad' como un código organizacional que orienta la selección de comunicaciones, estabilizado por la propia Facultad y reespecificado continuamente en respuesta a las transformaciones de su entorno

Las 7 líneas de acción del programa son:

[85] El manifiesto Campus Sostenible de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, expresa el compromiso de la comunidad académica con la sostenibilidad ambiental y social ante la crisis global provocada por actividades humanas. Reconoce la evidencia científica sobre el desequilibrio de la biosfera y la vulnerabilidad de Colombia, urgiendo a la ciencia y tecnología a liderar soluciones éticas alineadas con la Agenda 2030 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Detalla diez compromisos clave, como adoptar sus lineamientos, reducir impactos ambientales negativos, promover el consumo responsable, la salud integral y una cultura de sostenibilidad que posiciona a la UNAL como paradigma regional. https://minas.medellin.unal.edu.co/campus-sostenible/index.php/10

Figura 4.
Campus Sostenible.



Nota. Tomado de *Campus Sostenible*, por la Universidad Nacional de Colombia, 2025, Facultad de Minas (https://minas.medellin.unal.edu.co/campus-sostenible/).

Como parte de este programa, la Facultad de Minas orientó recursos significativos hacia proyectos de infraestructura "sostenible", evidenciando la reespecificación operativa de esta semántica. En 2020, la inversión superó los $2.600 millones, incluyendo proyectos como la instalación de 84 paneles solares en el Bloque M8B, que permitió una reducción aproximada del 95 % del consumo eléctrico del edificio y evitó cerca de 9 toneladas de CO_2 anuales. A ello se suman la implementación de sistemas de captación de aguas lluvias, estaciones de carga para vehículos eléctricos y la instalación de más de 170 luminarias LED, con una reducción estimada del 48 % en el consumo energético (Universidad Nacional de Colombia, 2020).

En 2021, se ejecutaron proyectos por más de $4.000 millones, entre ellos el *Proyecto BPUN* y el *Proyecto FENOGE* (autogeneración solar fotovoltaica en siete bloques, con una capacidad instalada de 764,8 kWp). Este último proyecto proyectó financiar 641 becas de posgrado durante su vida útil, mostrando cómo lo ambiental se enlazó con lo social mediante mecanismos redistributivos (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

En 2022, la estrategia continuó con proyectos como el *Smart Building M2*, la unificación de acometidas de agua potable, sistemas de recolección de aguas lluvias, iluminación LED y el fortalecimiento de laboratorios con protocolos de gestión ambiental. También se destinaron

recursos a biodigestores, convenios para aprovechamiento de plásticos y proyectos de autogeneración de energía solar (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

Estas cifras no deben leerse como simples registros contables, sino como indicadores de decisiones organizacionales mediante las cuales la Facultad de Minas reespecificó la "sostenibilidad" en términos operativos. A través del presupuesto, esta semántica fue seleccionada y traducida en infraestructuras, tecnologías y procedimientos que reordenan el entorno material de la organización. En este sentido, la asignación de recursos funcionó como un mecanismo de selección y estabilización, mediante el cual las comunicaciones ambientales adquirieron continuidad decisional y capacidad de reproducción, evitando su disolución en formulaciones meramente programáticas y consolidándose como un criterio efectivo de orientación organizacional

Tabla 15.
Presupuestos e inversiones en proyectos de sostenibilidad en la Facultad de Minas.

Año	Inversión total en proyectos sostenibles	Proyectos destacados	Impactos medibles
2020	> $2.600 millones	Paneles solares, LED, aguas lluvias, movilidad eléctrica	Reducción de 95% consumo Bloque M8B; -1.533 Kg CO_2/año en movilidad
2021	> $4.000 millones	BPUN,FENOGE (764,8 kWp), Barrera verde	Proyección 641 becas financiadas, reducción 34,5 Kg CO_2/mes
2022	Inversiones en Smart Building, biodigestores, energía solar	Automatización, gestión integral de agua y residuos	Implementación de biodigestores, convenios de reciclaje, autogeneración solar

Nota. Adaptado de los *Informes de Gestión,* por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2025.

4.3.3.2 Dimensión académica y curricular: la sostenibilidad en la formación

La "sostenibilidad" se estabilizó también en el plano curricular, con la creación y consolidación de asignaturas específicas y la inclusión de competencias ambientales en los perfiles de egreso.

En 2021, la Facultad introdujo asignaturas relacionadas con la "sostenibilidad" como:

- Introducción a la captura, uso y almacenamiento de carbono.
- Fundamentos de estrategias de economía circular.
- Ventilación en ambientes confinados.
- Empresa FIA V - Sostenibilidad y Cambio Climático

Además, para los profesores se creó el curso: Cómo incluir la ética en la formación universitaria

Asimismo, se consolidó la asignatura transversal Plan B: Salvemos al planeta tierra[86], cursada por casi 100 estudiantes ese año y diseñada con un enfoque interdisciplinario, articulando cuatro facultades y múltiples programas. En 2022, la asignatura Plan B mantuvo su vigencia, y se reforzaron actividades curriculares optativas y semilleros en ecología urbana, gestión ambiental y biodiversidad.

Tabla 16.
Currículo y formación académica.

Año	Asignaturas nuevas / destacadas	Estudiantes vinculados	Competencias
2020	Seminarios de proyectos ambientales (194 proyectos)	1.415	Valorización de residuos, reconversión energética

[86] El objetivo de esta asignatura, aprobada e impartida por primera vez en el año 2021, es convertirse en un espacio de reflexión y estudio multidisciplinario sobre ingeniería, poniendo como centro a La Vida.
El reto propuesto fue pensar nuevas formas de ser para crear bienestar, manteniendo el equilibrio entre las intenciones y necesidades humanas y la vida en los territorios. Se propuso un cambio de perspectiva, un Plan B para percibir de manera diferente el papel que la vida, y en particular las ingenierías, juegan en el mundo (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

Año	Asignaturas nuevas / destacadas	Estudiantes vinculados	Competencias
2021	Introducción a captura y uso de CO_2, Economía circular, Plan B Rescate del Planeta Tierra, De la Universidad a la Organización – UAO	~97 en Plan B	Conciencia ecológica, justicia intergeneracional
2022	Plan B Rescate del Planeta Tierra, semilleros ambientales	~79 en Plan B + 96 en semilleros	Ética ambiental en perfil egreso

Nota. Adaptado de los *Informes de Gestión,* por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2025.

4.3.3.3. Investigación y extensión: sostenibilidad como campo de producción de conocimiento

La investigación constituyó otro ámbito organizacional en el que la "sostenibilidad" alcanzó un grado relevante de estabilización como comunicación recurrente. En este subsistema, la semántica ambiental se reespecificó conforme a los criterios de validación propios del sistema científico, operando como orientación para la formulación, selección y financiación de proyectos.

En 2020, la Facultad gestionó más de $8.400 millones en proyectos ambientales, con financiación nacional e internacional. Se abordaron temas como pesca sostenible, economía circular, geoalmacenamiento de CO_2, energías renovables y servicios ecosistémicos.

Algunos de los proyectos:

Tabla 17.
Proyectos de investigación en temáticas de medio ambiente y sostenibilidad.

Título del proyecto	Docente investigador	Entidad aportante
Efectos sobre las variables hidrológicas y la provisión potencial de servicios ecosistémicos producto del cambio de cobertura vegetal. Caso de estudio sistema socio ecológico de la cuenca del Río Mira	German Poveda Jaramillo	Banco De La República
Impacts assessment of Carbon Capture and Storage in Colombia	Juan Manuel	Royal Academy Of Engineering

Título del proyecto	Docente investigador	Entidad aportante
	Mejia Cárdenas	
Generating accessible electrical wind energy for rural areas in Colombia	Juan Manuel Meza	Royal Academy Of Engineering
Upcycling plastic waste reinforced by modified natural fique fiber	Juan Manuel Meza	Newton Institutional Links - British Council
Process design and optimization for the recycling of lead acid batteries in Colombia	Alejandro Molina Ochoa	Royal Academy Of Engineering
Ecosystem for sustainable fishing navigation in the municipality of Guapi, Cauca	Diana María Lopez Ochoa	SIDA (Suecia)
Propuesta de una estrategia de economía circular para el reciclaje, degradación y síntesis bio(química) de Polietilentereftalato	Camilo Alberto Suárez Méndez	MinCiencias
Trazabilidad de medicines de contaminantes atmosféricos: Trazabilidad de mediciones de ozono	Carmen Elena Zapata Sanchez	Organización De Estados Unidos OEA

Nota. Adaptado de los *Informes de Gestión,* por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2025.

En 2021, en el marco de la *Convocatoria Nacional Banco de Propuestas para la Consolidación de Centros de Excelencia 2020–2021*, orientada a identificar redes de trabajo colaborativo y transdisciplinar que impulsaran la generación de conocimiento especializado, de alta calidad e innovador en áreas estratégicas de alcance nacional, la Facultad resultó ganadora con el proyecto *Alliance for Biomass and Sustainability Research (ABISURE)*. Asimismo, se evidenció el desarrollo de proyectos de extensión solidaria en comunidades costeras y rurales, con una inversión superior a los $1.000 millones.

En 2022, la investigación y la extensión se orientaron hacia la resiliencia climática, la bioeconomía y el turismo comunitario sostenible, con proyectos que beneficiaron comunidades en Buenaventura y Guapi. Además, se consolidaron grupos de investigación como *GEMMA (Georrecursos, Minería y Medio Ambiente)* y *POLYGESTA (Política, Legislación y Gestión Ambiental)*, generando redes académicas que garantizaron continuidad temática y metodológica. En este proceso, la Facultad configuró un campo de especialización científica en torno a la

"sostenibilidad" dentro del cual las comunicaciones ambientales dejaron de operar únicamente como referencias temáticas para convertirse en criterios recurrentes de producción y validación de conocimiento. De este modo, lo ambiental se integró a las operaciones propias del sistema científico universitario, permitiendo la reproducción continua de estas comunicaciones bajo códigos de verdad científica y pertinencia académica, y reforzando la capacidad de la organización para procesar de manera autónoma las expectativas provenientes de su entorno social.

4.3.3.4 Cultura y sensibilización: sostenibilidad como ethos organizacional

La estabilización de la "sostenibilidad" en la organización no se restringió a los ámbitos técnico ni académico, sino que se extendió a las comunicaciones orientadas a la socialización interna de la comunidad universitaria. En este nivel, la Facultad de Minas activó dispositivos comunicativos destinados a producir familiaridad y reconocimiento con las referencias ambientales, contribuyendo a su circulación recurrente más allá de los espacios formales de docencia e investigación.

En 2020, este proceso se materializó en la organización de campañas institucionales, conversatorios ambientales como el *Conversatorio "Ingeniería para la vida*[87], jornadas de difusión del conocimiento, además se "planificó, diseñó y lanzó el *Boletín Desde la Decanatura* como una nueva estrategia de comunicación para informar periódicamente los avances de gestión de la decanatura y de las diferentes áreas estratégicas de la Facultad" (Informe de Gestión Facultad de Minas, 2020). Estas comunicaciones operaron como mecanismos de sensibilización y autoobservación colectiva, reforzando la presencia de la "sostenibilidad" como una referencia legítima en la vida cotidiana de la organización

En 2021, se realizaron conferencias con expertos nacionales e internacionales, se participó en el panel *IPCC Climate Change 2022* y se obtuvieron reconocimientos como el *Green Gown Award 2021*[88], que destacó las acciones de "sostenibilidad" de la Facultad a nivel global. En 2022, se multiplicaron las actividades de voluntariado ambiental, conmemoraciones del *Día Mundial del Medio Ambiente,* circuitos deportivos con información ambiental, observatorios de biodiversidad

[87] https://youtu.be/mJ96eV0_tRI
[88] La Estrategia Campus Sostenible fue reconocida por el Green Gown Award 2021. Una iniciativa internacional en la cual se reconocen los esfuerzos e iniciativas para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas (Universidad Nacional de Colombia, 2021).

y producción de contenidos en podcasts y micrositios. Este componente cultural es clave: muestra cómo la "sostenibilidad" no se limitó a infraestructuras o programas, sino que se tradujo en un ethos compartido que moldeó la identidad institucional.

Una observación a los *Boletines Virtuales* de la Facultad de Minas permite identificar cómo la organización ha consolidado un espacio privilegiado para la circulación de comunicaciones relacionadas con la sostenibilidad, la ética y la responsabilidad socioambiental. Lejos de tratarse de simples noticias circunstanciales, la diversidad de títulos publicados revela la construcción de un repertorio discursivo sostenido, donde la "sostenibilidad" y la "sustentabilidad" aparecen como códigos de referencia transversal a la vida académica, investigativa y cultural de la Facultad.

Figura 5.
Nube de palabras comunicaciones Facultad de Minas.



Nota. Nube de palabras generada a partir de las publicaciones del Departamento de Comunicaciones de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia.

Un análisis de los Boletines publicados por la Facultad entre 2020 y 2022 permite observar una marcada presencia de temáticas energéticas, en las que la comunicación organizacional enfatiza iniciativas concretas de innovación tecnológica orientadas a la transición energética. Estos mensajes no sólo informan, sino que enmarcan a la ingeniería como una disciplina capaz de responder a los desafíos climáticos mediante soluciones eficientes y sostenibles.

Otro eje temático visible corresponde a las acciones que configuran la estrategia de *Campus Sostenible*. La publicación recurrente de notas como *"60 nuevos árboles para fortalecer la estrategia de Campus Sostenible"*, *"Conoce el micrositio web de Campus Sostenible"* o *"La estrategia de Campus Sostenible trajo una nueva luz a la Facultad"* constituye evidencia de la manera en que la Facultad busca consolidar prácticas ambientales ejemplares en su propio espacio físico. Estas comunicaciones actúan como recordatorios permanentes de la necesidad de articular la vida académica con un ethos sustentable, trasladando la preocupación ambiental desde el aula hacia la cotidianidad universitaria.

Un tercer campo de observación se vincula con la ética profesional y la formación universitaria. En este ámbito se inscriben comunicaciones como *"Inscripciones abiertas para el curso 'Cómo incluir la ética en la formación universitaria'", "La ética, un saber transversal en la vida universitaria" y "Participa en el Festival: Tu Ingenio Ilustra la Ética*". Estas comunicaciones permiten observar cómo la sostenibilidad es procesada dentro del sistema educativo como una referencia transversal que orienta la formación en ingeniería, sin reducirse a dimensiones técnicas o ambientales específicas.

De igual modo, aparecen iniciativas orientadas a la protección de la biodiversidad y los territorios, mensajes que amplían la mirada hacia una dimensión socioecológica en la que la Facultad se proyecta como actor comprometido con la conservación y la gestión responsable de los recursos naturales. Por último, se identifican comunicaciones que vinculan la Facultad con redes y debates globales, tales como *"Informe Cambio Climático"*, *"Octavo Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad de Aire y Salud Pública"* o *"Nuestra Decana recibió Premio Mujer Excepcional en Sostenibilidad"*. Estos títulos reafirman la manera en que la semántica de la "sostenibilidad" se legitima mediante su inserción en agendas internacionales, articulando la práctica académica local con discusiones de alcance planetario.

En conjunto, el análisis de estas más de ochenta notas evidencia que los *Boletines Virtuales* no cumplen únicamente una función informativa. Se configuran como un mecanismo de difusión del código ético de la sustentabilidad, en el cual se entrelazan innovaciones tecnológicas, transformaciones curriculares, prácticas ambientales del campus, reflexiones éticas y compromisos con la biodiversidad. A través de esta estrategia comunicativa, la Facultad de Minas proyecta hacia su comunidad académica y hacia la sociedad un horizonte normativo que convierte la sostenibilidad en un principio rector de la formación y de la investigación en ingeniería.

Desde esta perspectiva, el *Boletín Virtual* se configura como un medio de circulación de expectativas formativas que articula saber disciplinar y reflexión ética, contribuyendo a la estabilización de una semántica orientada a tematizar los impactos sociales y ambientales de la práctica ingenieril. Estas comunicaciones no operan como transmisiones morales de valores, sino como mecanismos de orientación interna que amplían los criterios con los cuales la Facultad observa, organiza y reproduce la formación profesional, integrando la sostenibilidad como una referencia recurrente en sus programas académicos.

El análisis de las más de ochenta notas examinadas permite así comprender que los *Boletines Virtuales* exceden su función informativa y actúan como una estructura comunicativa mediante la cual la Facultad de Minas hace circular y estabiliza una semántica de la sostenibilidad que articula innovaciones tecnológicas, transformaciones curriculares, prácticas ambientales del campus y reflexiones éticas. A través de esta estrategia comunicativa, la organización proyecta una autodescripción en la que la sostenibilidad se consolida como un principio transversal de orientación para la formación y la investigación en ingeniería, operando como una referencia comunicativa interna que guía la selección de temas, decisiones y programas en un entorno crecientemente sensibilizado frente a los riesgos socioambientales.

4.3.3.5 Membresía organizacional y circulación global de la semántica de la sostenibilidad

La estabilización de las comunicaciones en torno a la “sostenibilidad” en la Facultad de Minas no se agota en transformaciones administrativas, curriculares o infraestructurales. Un componente decisivo de este proceso se manifiesta en la participación de sus miembros en escenarios externos de alta visibilidad científica, técnica y política, donde el conocimiento producido en la Facultad se articula con la definición de agendas nacionales e internacionales vinculadas a la transición energética, el cambio climático y el desarrollo sostenible. Estas participaciones no deben interpretarse como iniciativas individuales aisladas, sino como expresiones de la membresía organizacional, a través de la cual la Facultad hace circular sus estructuras cognitivas en escenarios externos. De este modo, la organización logra proyectarse más allá de sus límites institucionales y establecer acoplamientos estructurales con sistemas como la política, la ciencia y la economía, en contextos donde la sostenibilidad opera como una semántica

compartida. En este sentido, la participación del profesor *Farid Chejne Janna*, del *Departamento de Procesos y Energía*, en la *Misión Internacional de Sabios de 2019* constituye un hito relevante. Su vinculación al foco de *Energías Sostenibles* hace observable cómo los conocimientos desarrollados en la Facultad ingresan en procesos de formulación de políticas públicas en ciencia, tecnología e innovación, contribuyendo a la redefinición de horizontes nacionales de desarrollo. De manera similar, la convocatoria del profesor *Germán Poveda Jaramillo, del Departamento de Geociencias y Medio Ambiente*, al *Comité de Expertos* que acompañó *la Estrategia de Largo Plazo para Cumplir el Acuerdo de París* (E2050) en 2020, evidencia la inserción de las comunicaciones científicas producidas en la Facultad en redes epistémicas de alcance global. Su trayectoria en hidrología, climatología y cambio climático, validada en proyectos y publicaciones internacionales, muestra cómo el conocimiento académico no solo responde a las expectativas del entorno, sino que también contribuye a configurarlas, intensificando la visibilidad de los riesgos socioambientales y orientando decisiones de largo plazo. Estos acoplamientos se complementan con reconocimientos institucionales que refuerzan la dimensión ética y cultural de la "sostenibilidad" en la organización. En 2021, el reconocimiento otorgado a la entonces Decana *Verónica Botero Fernández*[89] mediante el *Premio Mujer Excepcional en Sostenibilidad (eWisely Award)* hizo observable, en el plano internacional, una forma de liderazgo académico que articula conocimiento técnico, gestión institucional y preocupaciones por la equidad, la sostenibilidad y la justicia social. Este tipo de reconocimientos no opera como validación moral externa, sino como una confirmación de que la Facultad ha logrado estabilizar una semántica de la "sostenibilidad" capaz de resonar en distintos contextos organizacionales y culturales. En la misma línea, la designación del profesor *Giovanni Franco* como *viceministro de Mina*s en 2022 expresa un acoplamiento directo entre las capacidades cognitivas formadas en la Facultad y la esfera decisional del sistema político, haciendo visible cómo las orientaciones académicas e investigativas pueden traducirse en criterios operativos para la formulación de políticas extractivas y ambientales. La proyección de esta semántica también se extiende a los egresados, quienes actúan como portadores de las comunicaciones formativas de la

[89] La profesora Verónica Botero Fernández, decana de la Facultad de Minas durante los periodos 2018–2020 y 2020–2022 y primera mujer en ocupar este cargo en más de 130 años de historia de la Facultad, ocupa un lugar significativo en el proceso de estabilización de las comunicaciones en torno a la sostenibilidad. Este proceso se desarrolla precisamente durante su administración, en un contexto organizacional ya sensibilizado frente a las semánticas ambientales. Su adscripción al Departamento de Geociencias y Medio Ambiente adquiere relevancia analítica en tanto se inscribe de manera coherente en un horizonte organizacional crecientemente orientado por semánticas ambientales.

Facultad en escenarios profesionales y comunitarios. La selección de una ingeniera[90] ambiental como *Climate Ambassador* en el *Global Youth Climate Network* en 2021, así como la obtención del *Energy Globe Award* por parte de egresados en 2022, confirman que las orientaciones en torno a la "sostenibilidad" se reproducen más allá del espacio universitario, circulando en redes internacionales de liderazgo climático y reconocimiento técnico. Estas trayectorias hacen visible la continuidad entre formación, práctica profesional e incidencia social, reforzando la idea de que la sostenibilidad se ha estabilizado como un principio de orientación que atraviesa la identidad organizacional de la Facultad.

Finalmente, la incorporación de la Facultad de Minas al consorcio científico europeo *OptimalMine* en 2025 constituye una evidencia especialmente significativa de la consolidación de estas comunicaciones. Bajo la dirección de la actual Decana *Eva Cristina Manotas*, la Facultad se integró a una red internacional orientada a transformar los métodos de extracción de minerales estratégicos para la transición energética, articulando innovación tecnológica y responsabilidad ambiental. Esta participación, que posiciona a la Universidad Nacional de Colombia como la única institución suramericana en el proyecto, no solo representa un reconocimiento académico, sino que expresa una forma de comunicación organizacional en la que la ingeniería se orienta hacia la eficiencia de los procesos extractivos y la preservación del entorno. Al integrar equipos interdisciplinarios y colaborar con actores industriales y científicos, la Facultad traduce la sostenibilidad en prácticas institucionales concretas, reafirmando su capacidad para producir conocimiento técnico situado y socialmente relevante en un entorno global marcado por la intensificación de los riesgos socioambientales.

4.3.3.6. Análisis mesocurricular

En el nivel mesocurricular, el análisis se orienta hacia la estructura interna del currículo universitario, donde la "sostenibilidad" comienza a traducirse en programas académicos, asignaturas y estrategias pedagógicas concretas. Este nivel permite observar cómo las orientaciones normativas del plano macrocurricular se transforman en prácticas formativas específicas, evidenciando la manera en que Facultad de Minas incorpora, reinterpreta y estabiliza las

[90] Por temas de confidencialidad no se hace público el nombre, pero la información puede ser verificable a través de la página de la Facultad de Minas. https://minas.medellin.unal.edu.co/

comunicaciones sobre "sostenibilidad" dentro de su oferta académica. La creación de nuevos programas, la actualización de planes de estudio y la inclusión de cursos vinculados con la ética, el ambiente y la responsabilidad social muestran que lo "sostenible" se ha integrado gradualmente en la lógica universitaria como un código legítimo de formación, contribuyendo a la consolidación de una semántica organizacional coherente con los desafíos contemporáneos.

A partir del año 2000 la Facultad de Minas ingresó en una nueva fase de expansión académica, marcada por la creación de nuevos programas de especialización, maestría y doctorado. Este proceso puede leerse como un indicador de diferenciación interna y disciplinar, en el cual la organización incrementó su complejidad, amplió sus márgenes de especialización y generó nuevas condiciones de posibilidad para la estabilización de comunicaciones relacionadas con la "sostenibilidad".

En el caso de las maestrías, el crecimiento fue particularmente significativo: entre 2000 y 2017 se crearon 11 nuevos programas, que representan el 65% del total de maestrías actuales, lo que supone un incremento del 183% en comparación con las creadas entre 1983 y 1999. Este aumento no se limitó a campos tradicionales de la ingeniería, sino que incorporó de manera explícita programas que articularon las demandas del entorno con relación al cuidado del medio ambiente y la "sostenibilidad", como la *Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo* (creada en el año 1998 y su apertura se dio en 2001) , este programa cuenta con la particularidad de ser el único programa ofertado en la Facultad que no es propiamente una Ingeniería, pero que justamente surge como traducción de las demandas del entorno. En el *Acuerdo 001 de 1998 del Consejo Académico* de la Universidad Nacional por medio del cual se crea el programa a nivel nacional, se hace explícito en el *Artículo 3*°:

la Universidad Nacional de Colombia debe responder a los requerimientos que el país hace a la educación superior generando programas de posgrado que permitan profundizar y formar investigadores en la solución de su *problemática ambiental dentro del marco de un desarrollo sostenible* (Universidad Nacional de Colombia, 1998).

Para el año 2001 surge el *Acuerdo 10 de 2001 del Consejo Académico*, en el cual se autoriza la apertura del programa curricular de posgrado *Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo*, en la Facultad de Minas, en este se observa:

> …la Maestría tiene también como objetivo general suministrar a los participantes, los conocimientos necesarios para comprender y aplicar los conceptos teóricos y los métodos aplicados en las ciencias ambientales y en los debates actuales sobre medio ambiente y desarrollo. Suministrar los instrumentos, habilidades y actitudes necesarias para la ejecución de investigaciones interdisciplinarias dirigidas a la solución de problemas relativos al *Desarrollo Sostenible*.
>
> Además, pretende contribuir al *Desarrollo Sostenible* del país mediante la capacitación, al nivel de maestría, de personas que participen responsablemente en el estudio y la gestión ambiental nacional (Universidad Nacional de Colombia, 2001).

En el plan de estudios aprobado para este programa registran asignaturas como Economía y desarrollo Sostenible y ocho líneas de investigación (al momento de su apertura) de alta relevancia como Evaluación del impacto ambiental y Ecología de la Conservación.

Tabla 18.
Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de maestría Facultad de Minas.

Programa	Año de creación
Maestría en Ingeniería - Recursos Hidráulicos	1983
Maestría en Ingeniería - Ingeniería Química	1986
Maestría en Ingeniería – Estructuras	1987
Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica	1987
Maestría en Ingeniería - Ingeniería de Sistemas	1989
Maestría en Ingeniería - Automatización Industrial	1994
Maestría en Ingeniería – Geotecnia	2001
Maestría en Ingeniería - Materiales y Procesos	2001
Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo	2001
Maestría en Ingeniería Administrativa	2005
Maestría en Ingeniería - Infraestructura y Sistemas de Transporte	2005
Maestría en Ingeniería - Ingeniería Mecánica	2006
Maestría en Ingeniería Industrial	2006
Maestría en Ingeniería - Ingeniería de Petróleos	2013
Maestría en Ingeniería - Recursos Minerales	2013
Maestría en Ingeniería - Sistemas Energéticos	2013
Maestría en Ingeniería – Analítica	2017

Nota. Adaptado de *Áreas Curriculares*, por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2026 (https://minas.medellin.unal.edu.co/lafacultad/areas).

El nivel de especializaciones también experimentó un crecimiento acelerado. Hasta 1999 existían 8 programas, pero en las dos décadas siguientes la cifra aumentó en un 125%, alcanzando 18 programas. Entre ellas destaca la *Especialización en Gestión Ambiental* (1997), con su inicial énfasis en proyectos energéticos abrió un espacio pionero para la incorporación de la dimensión ambiental en la formación de ingenieros, se puede decir, que fue el primer programa de la organización que incorporó de manera explícita dentro de sus objetivos de formación el estudio de los impactos ambientales como se lee en Artículo 2° del *Acuerdo 15 de 1997*[91].

> El programa de Especialización en Gestión Ambiental tendrá como objetivo general la formación de especialistas en temas ambientales, con una visión integral, y conocimientos a nivel teórico-conceptual y metodológico dentro de grupos de trabajo interdisciplinario, que comprenda la dinámica del medio ambiente y de los impactos ambientales. (Universidad Nacional de Colombia, 1997)

Además, en el primer semestre del plan de estudios de este programa ingresa por primera vez una asignatura explícitamente relacionada con lo sostenible: *Desarrollo Sostenible*.

Tabla 19.
Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de especialización Facultad de Minas.

Programa	Año de creación
Especialización en Sistemas	1989
Especialización en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos	1991
Especialización en Estructuras	1994
Especialización en Vías y Transporte	1994
Especialización en Gestión Ambiental	1997
Especialización en Materiales y Procesos	1998
Especialización en Ingeniería Financiera	1999

[91] Por el cual se crea el programa curricular de posgrado de Especialización en Gestión Ambiental, con énfasis en Proyectos Energéticos y se establece su correspondiente plan de estudios

Programa	Año de creación
Especialización en Mantenimiento	1999
Especialización en Mercados de Energía	2002
Especialización en Gestión Empresarial	2004
Especialización en Analítica	2014
Especialización en Gestión del Negocio Minero	2014
Especialización en Ingeniería de Software	2014
Especialización en Ingeniería Geotecnia	2014
Especialización en Recursos Minerales	2014
Especialización en Inteligencia Artificial	2019
Especialización en Nanotecnología Aplicada a la Industria del Petróleo y Gas	2019
Especialización en Ingeniería Contra Incendios y Explosiones	2020

Nota. Adaptado de *Áreas Curriculares*, por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2026 (https://minas.medellin.unal.edu.co/lafacultad/areas).

Los doctorados siguieron una trayectoria similar. De un único programa en 1991, se pasó a contar con ocho programas de doctorado hacia 2013, incluyendo áreas como Sistemas Energéticos, Ciencias del Mar, Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Esta diversificación doctoral fortaleció la posición de la Facultad en el sistema científico, incrementando su capacidad para producir conocimiento avanzado en diálogo con las exigencias globales en torno al desarrollo sustentable.

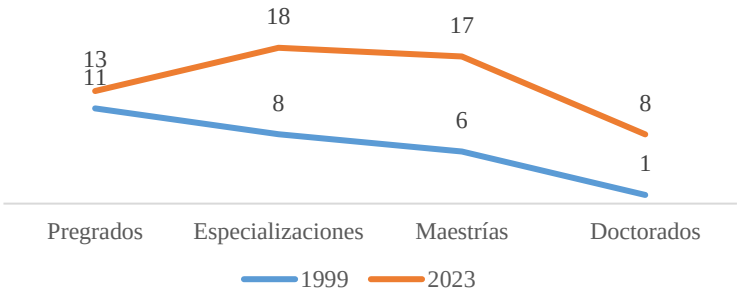
Tabla 20.
Diferenciación y especialización de la disciplina: creación de programas de doctorado Facultad de Minas.

Programa	Año de creación
Doctorado en Ingeniería - Recursos Hidráulicos	1991
Doctorado en Ingeniería - Ciencia y Tecnología de Materiales	2005
Doctorado en Ingeniería - Sistemas e Informática	2005
Doctorado en Ingeniería - Sistemas Energéticos	2005
Doctorado Interinstitucional en Ciencias del Mar	2009
Doctorado en Ingeniería - Industria y Organizaciones	2010
Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Mecánica y Mecatrónica	2010
Doctorado en Ingeniería - Ingeniería Civil	2013

Nota. Adaptado de *Áreas Curriculares*, por la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, 2026 (https://minas.medellin.unal.edu.co/lafacultad/areas).

Un dato especialmente significativo dentro de este proceso fue la apertura del pregrado en *Ingeniería Ambiental* (2009). Desde 1997 no se había creado un nuevo programa de pregrado, lo cual convierte esta apertura en un hito organizacional. Más allá de ampliar la cobertura, el programa representó la traducción directa de las comunicaciones sobre sostenibilidad y medio ambiente al núcleo mismo de la formación profesional, al inscribir la dimensión ecológica como criterio estructurante en la formación de los futuros ingenieros.

Figura 6.
Diferenciación de la disciplina – Crecimiento oferta de programas Facultad de Minas.



Nota. Gráfica elaborada a partir de datos no publicados suministrados por la Vicedecanatura Académica de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, en 2025.

A través de este proceso de diferenciación interna resulta posible observar cómo la Facultad de Minas tradujo demandas del entorno asociadas a la creciente necesidad de especialización profesional, propias de una sociedad estructurada bajo el principio de diferenciación funcional. En este marco, el sistema educativo, y en particular la educación superior en ingeniería se ve orientado a formar profesionales altamente especializados, capaces de responder tanto a los requerimientos del proyecto nacional como a expectativas formuladas en el plano global. La Facultad, ya inserta en el sistema educativo y científico internacional, acopló progresivamente sus estructuras organizacionales y cognitivas en coherencia con su función formativa y científica.

Esta reconfiguración estructural estableció las condiciones de posibilidad para el ingreso y la estabilización de comunicaciones especializadas, entre ellas aquellas vinculadas con la

"sostenibilidad" y la "sustentabilidad". Como se ha evidenciado, dichas comunicaciones se tradujeron en el fortalecimiento de proyectos de investigación, la participación en redes académicas nacionales e internacionales, la producción científica, las movilidades académicas, el cumplimiento de estándares de acreditación y otros mecanismos de validación propios del entorno universitario global.

Con la ampliación de la oferta académica comenzaron a incorporarse, tanto en programas de pregrado como de posgrado, asignaturas que abordan de manera explícita problemáticas asociadas a la "sostenibilidad" y la "sustentabilidad". Para este análisis se consideraron las asignaturas matriculadas por estudiantes de la Facultad de Minas entre 2012 y 2023 cuya denominación incluyera expresamente alguno de estos conceptos. Si bien existen otras asignaturas cuyos contenidos (según sus syllabus) desarrollan temas afines, especialmente aquellas adscritas al *Departamento de Geociencias y Medio Ambiente*, el alcance del presente estudio se circunscribe de forma deliberada a aquellas en las que la sostenibilidad o la sustentabilidad se presentan como categorías explícitas en su denominación, en tanto esto permite observar con mayor claridad su estabilización semántica en el nivel curricular.

Debe considerarse que, con la reforma académica de la Universidad Nacional de Colombia de 2007[92], los estudiantes pueden cursar asignaturas en distintas facultades, respondiendo a criterios de eficiencia en el uso del recurso profesoral y a políticas de flexibilidad curricular. En este contexto, se identificaron aproximadamente 3.500 asignaturas de pregrado cursadas 21.171 veces por estudiantes de la Facultad de Minas entre 2012 y 2023. De ellas, 19 incluyen los conceptos "sostenibilidad" o "sustentabilidad" en su denominación, cursadas por un total de 928 estudiantes, lo que equivale al 4 % del total de estudiantes de la Facultad matriculados en estos periodos. Además, el 95 % de estas asignaturas fueron creadas antes de 2020 y el 5 % restante entre 2020 y 2023, periodo en el que, según lo analizado en el apartado anterior, las comunicaciones sobre sostenibilidad alcanzaron su mayor grado de estabilización institucional. Otro aspecto relevante es que ninguna de estas asignaturas tiene carácter obligatorio: todas pertenecen al componente de libre elección, lo que sugiere que la "sostenibilidad" se ha incorporado en este nivel más como una opción formativa que como un eje estructural de la formación disciplinar.

[92] Acuerdo 033 de 2007 del CSU (Por el cual se establecen los lineamientos básicos para el proceso de formación de los estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de sus programas curriculares)

Tabla 21.
Asignaturas pregrado cursadas por estudiantes de la Facultad de Minas entre 2012-2023 cuya denominación incorpora el código sostenibilidad/sustentabilidad.

Asignaturas Pregrado
Construcción Sostenible
Desarrollo Rural Sostenible
Estado del Arte de la Construcción Sostenible
Alternativas de Aprovechamiento Sostenible de Especies Silvestres
Ingeniería y Desarrollo Sostenible
Diseño e Innovación Sostenible y Apropiable.
Desarrollo Sostenible y Minería
Evaluación y Diseño Agroecosistemas Sostenible
Desarrollo Sostenible y Minería
Construcción Sostenible
Hacia la Sostenibilidad Ambiental del Desarrollo
Desarrollo Rural Sostenible
Sostenibilidad Urbana
Cátedra Nacional: Transformando Colombia: Objetivos de Desarrollo Sostenible
Ingeniería y Desarrollo Sostenible
Territorios Agrarios Sostenibles
Desarrollo Sostenible y Minería
Ciudad y Medio Ambiente Sustentable
Fundamentos para el Hábitat Sustentable

Nota. Tabla elaborada a partir de datos no publicados suministrados por la Vicedecanatura Académica de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, en 2025.

*Nota: no todas estas asignaturas son administradas directamente por la Facultad de Minas, pero sí han sido matriculadas por estudiantes de la Facultad.

Al pasar al nivel de posgrado los datos muestran que entre 2012 y 2023, 62 estudiantes cursaron asignaturas cuya denominación incluye de manera explícita el término sostenibilidad.

Tabla 22.
Asignaturas posgrado con denominación con código sostenibilidad.

Asignaturas Posgrado
Evaluación y Diseño Agroecosistemas Sostenible
Estado del Arte de la Construcción Sostenible
Alternativas de Aprovechamiento Sostenible de Especies Silvestres

Asignaturas Posgrado
Sostenibilidad en Industrias Extractivas
Paisaje y Urbanismo Sostenible

Nota. Tabla elaborada a partir de datos no publicados suministrados por la Vicedecanatura Académica de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, en 2025.

En una lectura superficial, estos datos podrían interpretarse como una débil presencia de las referencias a la "sostenibilidad" y la "sustentabilidad" en el currículo formal, dando lugar a lecturas críticas sobre su grado de consolidación. Sin embargo, esta evidencia adquiere un significado distinto cuando se examina desde la teoría de los sistemas sociales. La baja frecuencia nominal no indica necesariamente ausencia de comunicaciones sobre "sostenibilidad", sino que hace visible la forma particular en que la Facultad las procesa e internaliza.

Desde esta perspectiva, la selección observada puede entenderse como el resultado del procesamiento autopoiético del sistema educativo en el nivel curricular: la Facultad no incorpora de manera directa los discursos del entorno, sino que los traduce conforme a sus propias estructuras operativas, integrando la "sostenibilidad" a través de referencias funcionales como la ética profesional, la innovación técnica y la responsabilidad social. A ello se suma una delimitación metodológica del análisis, centrada en la identificación literal de los términos "sostenibilidad" y "sustentabilidad", que deja por fuera un conjunto más amplio de asignaturas cuyos contenidos se inscriben en un universo semántico afín. En estas asignaturas, la "sostenibilidad" no aparece necesariamente nominada, pero se comunica mediante problemáticas como la gestión ambiental, la eficiencia energética, el desarrollo territorial, la planeación urbana o la economía circular, etc.

En 2008, la Facultad llevó a cabo una reforma académica mediante la cual se instauró la obligatoriedad del curso *Seminarios de Proyectos de Ingeniería* en todos los programas de pregrado, garantizando para la totalidad de los estudiantes un espacio sistemático de reflexión sobre los impactos éticos, sociales y ambientales de los proyectos de ingeniería. Esta asignatura opera como algo más que un componente metodológico del proceso formativo: constituye un programa académico a través del cual la organización estabiliza comunicaciones orientadas a la ética profesional, convirtiéndolas en un canal privilegiado para procesar expectativas sociales vinculadas con la "sostenibilidad".

La oferta complementaria de cursos sobre ética refuerza esta dinámica. Asignaturas como *Ética en la Profesionalización de Ingenieros*, *Bioética*, *Ética y Voluntariado Universitario y Social* o la *Cátedra Pedro Nel Gómez. Ética y Responsabilidad Social en Ingeniería,* amplían los espacios de comunicación donde la "sostenibilidad" y la ética aparecen interrelacionadas. Aunque la mayoría carecen de obligatoriedad, funcionan como escenarios diferenciados para problematizar la práctica profesional desde perspectivas sociales, ambientales y políticas, legitimando la idea de que la formación técnica debe incluir la deliberación sobre los impactos de la ingeniería en el mundo de la vida.

A diferencia del pregrado, los programas de posgrado de la Facultad no cuentan con una asignatura obligatoria que, como los *Seminarios de Proyectos de Ingeniería*, articule la ética con las preocupaciones ambientales y sociales. Sin embargo, se ofertan cursos como *Ética Profesional y Organizacional* y *Bioética Global*, que, aunque matriculados por un número reducido de estudiantes, constituyen evidencia de que la reflexión ética también se hace presente en este nivel.

En conjunto, el análisis del nivel mesocurricular muestra que la "sostenibilidad", más que consolidarse como un discurso autónomo, se ha estabilizado en la Facultad de Minas mediante su integración con la ética profesional. Este entrelazamiento constituye una forma de comunicación estructuralmente acoplada, donde la "sostenibilidad" se traduce en expectativas normativas sobre la práctica ingenieril, y la ética actúa como el medio que permite su permanencia en el sistema educativo. Así la sostenibilidad ha adquirido densidad semántica al ser procesada como un valor transversal, legitimado en las comunicaciones que articulan conocimiento técnico, responsabilidad social y compromiso ambiental.

Como se ha mencionado anteriormente, el enfoque científico de la Facultad se ha reconocido como una de las operaciones fundamentales a través de la cual se han estabilizado las comunicaciones en torno a la "sostenibilidad", la materialización de estos procesos, por lo menos en la dimensión comunicacional puede observarse en las tesis o trabajos de grados de los estudiantes. A través de la aplicación de la "Metodología para Análisis de Tesis" [93], aplicada a las tesis de doctorado del programa *Doctorado en Ingeniería – Ingeniería en Recursos Hidráulicos* de la Facultad de Minas, se puede evidenciar cómo, a través de este programa en particular se estabilizan estas comunicaciones:

[93] Nota: en el capítulo "Metodología" se explica en detalle la metodología aplicada.

Para efectos de esta investigación se tomó como corpus, un total de 27 tesis doctorales para el análisis. El 100% de las tesis no pudo ser utilizada por dificultades para su tratamiento o imposibilidad de acceso a las mismas.

Los 24 indicadores calificados, para efectos de esta exposición fueron agrupados de la siguiente manera:

Tabla 23.
Resultados evaluación de indicadores sobre criterios de "sostenibilidad" y "sustentabilidad" en tesis de Doctorado en Ingeniería – Ingeniería en Recursos Hidráulicos.

Grupo A: Fundamentación ético-teórica	
Indicador	Promedio Calificación
Marco teórico ético	0,1
Mención principios éticos	0,6
Referencias códigos profesionales	0
(promedio: 0.33)	
GRUPO B: Dimensión social-humana	
Indicador	Promedio Calificación
Análisis grupos de interés	0.9
Impacto social	1.0
Valores culturales	0.3
Derechos humanos	0.7
Accesibilidad/equidad	1.0
(promedio: 0.77)	
GRUPO C: Dimensión ambiental	
Indicador	Promedio Calificación
Evaluación impacto ambiental	1.7
Criterios sustentabilidad	1.1
Medidas protección ambiental	1.0
(promedio: 1.28)	
GRUPO D: Proceso deliberativo	
Indicador	Promedio Calificación
Identificación dilemas	0.4
Proceso decisiones éticas	0.2
Justificación decisiones	1.1
(promedio: 0.57)	

GRUPO E: Responsabilidad y riesgos	
Indicador	Promedio Calificación
Gestión de riesgos	1.6
Responsabilidad civil	0.6
Medidas mitigación	1.2
(promedio: 1.07)	
GRUPO F: Prospectiva y temporalidad	
Indicador	Promedio Calificación
Evaluación consecuencias futuras	1.8
Previsión impactos largo plazo	1.7
Análisis escenarios futuros	1.5
Efectos acumulativos	1.3
(promedio: 1.58)	
GRUPO G: Integración ético-técnica	
Indicador	Promedio Calificación
Justificación relevancia ética	1.3
Equilibrio eficiencia/ética	0.7
Innovación responsable	1.5
(promedio: 1.13)	

Nota. Gráfica elaborada a partir de datos obtenidos de las tesis doctorales del programa *Doctorado en Ingeniería – Ingeniería en Recursos*, disponibles en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Colombia.

El análisis de las tesis doctorales del *Doctorado en Ingeniería – Ingeniería en Recursos Hidráulicos* permite observar cómo las comunicaciones en torno a la "sostenibilidad" alcanzan una forma de estabilización efectiva en la producción científica de la Facultad, aunque no bajo la modalidad de reflexiones explícitamente filosóficas o normativas. En este campo disciplinar, la "sostenibilidad" y la "sustentabilidad" no operan como discursos abstractos, sino como criterios que orientan la investigación y la intervención ingenieril desde la propia racionalidad técnica.

En este sentido, dichas comunicaciones se traducen y materializan en los procedimientos mismos de la práctica ingenieril: en los modos de modelación, diseño, evaluación, gestión y previsión de sistemas hidráulicos. Esta forma de traducción hace visible cómo los sistemas cognitivos de la Facultad procesan la semántica de la sostenibilidad y la reespecifican en claves operativas compatibles con su función académica y científica, integrándola como un principio de orientación implícito en la producción de conocimiento técnico, coherente con la autodescripción organizacional y con las expectativas del entorno socioambiental.

Los indicadores más altos evaluados: *Impacto ambiental* (1,7), *Gestión de riesgos* (1,6) y *Evaluación de consecuencias futuras* (1,8) muestran que las tesis incorporan con claridad la preocupación por la "sostenibilidad" ambiental y la responsabilidad proyectiva.

Aunque la presencia explícita de *Marcos teóricos éticos* o *Referencias a códigos profesionales* en las tesis analizadas es baja, ello no indica una ausencia de la dimensión ética. Más bien, pone en evidencia una forma de integración operativa en la que la sostenibilidad y la sustentabilidad se incorporan como criterios inmanentes al ejercicio mismo de la investigación en ingeniería. En este contexto, el juicio ético no se tematiza discursivamente, sino que se hace observable en decisiones metodológicas, criterios de diseño, estrategias de modelación y evaluaciones de impacto orientadas a la minimización de riesgos, la eficiencia energética y la optimización de recursos.

Esta forma de deliberación ética se inscribe en la lógica funcional de la ingeniería: anticipar efectos sociales y ambientales, prever escenarios futuros y evitar daños constituye el núcleo de una ética aplicada que opera a través del cálculo técnico y la gestión prospectiva. Así, indicadores bajos en la identificación explícita de dilemas o procesos de decisión ética reflejan no una carencia normativa, sino una traducción sistémica de la ética en programas técnicos. La dimensión humana, aunque no desarrollada en términos filosóficos, se integra en prácticas como la gestión de riesgos, la innovación responsable y la consideración de impactos sobre comunidades y territorios, confirmando que, en el nivel doctoral, la ética no se enuncia como reflexión abstracta, sino que se reproduce como criterio operativo de la investigación ingenieril.

Los acoplamientos fuertes (niveles superiores a 1,5) se establecen con el sistema ambiental/ecológico donde las irritaciones se traducen en evaluaciones de impacto y mitigación y con el sistema temporal donde el futuro se convierte en eje de responsabilidad proyectiva.

Esta dinámica confirma la hipótesis de que el sistema universitario, a través de su producción científica, canaliza las comunicaciones sobre "sostenibilidad" mediante la ética, entendida no como norma, sino como mecanismo de estabilización que permite transformar las expectativas sociales en procedimientos cognitivos y técnicos.

4.3.3.7 El Instituto de Educación en Ingeniería (IEI)

Un hito organizacional clave en el proceso de estabilización de las comunicaciones en torno a la "sostenibilidad" y la "sustentabilidad" en la Facultad de Minas se configura con la creación del *Instituto de Educación en Ingeniería (IEI)*[94] en 2017, mediante el *Acuerdo 263 del Consejo Superior Universitario*. Esta decisión constituye una innovación administrativa y, de manera simultánea, la instauración de una estructura organizacional especializada, orientada a la producción de comunicaciones reflexivas de segundo orden sobre la práctica ingenieril. En términos sistémicos, el *IEI* introduce una instancia formal de autoobservación mediante la cual la Facultad tematiza sus propios supuestos cognitivos, pedagógicos y éticos, generando condiciones para una reflexión sistemática sobre la función social de la ingeniería en un entorno crecientemente sensibilizado frente a los riesgos socioambientales.

Más allá de la actualización pedagógica, esta estructura permite a la organización observar críticamente los fundamentos que orientan la producción y transmisión del conocimiento ingenieril, integrando de manera explícita consideraciones éticas, ambientales y sociales. Esta función se hace observable en su *misión*[95], orientada a articular formación, reflexión e investigación pedagógica con los "complejos requerimientos que el contexto tiene frente al ejercicio de la ingeniería, en particular, en el cuidado de la vida".

Desde esta perspectiva, el *IEI* no introduce contenidos externos de manera directa, sino que contribuye a la estabilización interna de una semántica ética que orienta la autodescripción de la

[94] En el año 2025 el IEI es reconocido nacionalmente como un espacio de orientación en investigación en docencia en ingeniería, virtualización académica y cambio metodológicos para el aprendizaje de la ingeniería, liderando el posicionamiento de la docencia como actividad primordial al interior de la Facultad. (Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, sf). https://minas.medellin.unal.edu.co/formacion/iei-instituto-de-educacion-en-ingenieria

[95] Misión IEI: Gestionar espacios de formación, reflexión, investigación, creación y producción de conocimiento pedagógico sobre la educación en ingeniería, que se traduzcan en una práctica docente y un currículo acordes con las corrientes pedagógicas contemporáneas y en armonía con los cambiantes y complejos requerimientos que el contexto tiene frente al ejercicio de la ingeniería, en particular, en el cuidado de la Vida. https://minas.medellin.unal.edu.co/formacion/iei-instituto-de-educacion-en-ingenieria

Facultad. Dos comunicaciones emergentes producidas desde este espacio resultan especialmente relevantes para la presente investigación: el *Manifiesto Ingeniería para la Vida* y el *Perfil genérico de la Facultad de Minas*. Ambos documentos permiten observar cómo la organización traduce orientaciones normativas vinculadas al "cuidado del medio ambiente" y a la "responsabilidad social de la ingeniería" en marcos de referencia para la formación profesional.

Uno de los problemas analíticos que salta a la vista hasta este punto de la investigación es la indiferenciación de los conceptos "sostenibilidad" y "sustentabilidad", no como simples variantes lingüísticas, sino como semánticas portadoras de orientaciones normativas distintas[96]. Como se ha observado hasta aquí, en los *Planes Globales de Desarrollo* de la Universidad Nacional de Colombia, la "sostenibilidad" aparece integrada a una semántica ampliamente difundida en el entorno internacional, estrechamente vinculada a la *Agenda 2030* y a los *Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. En este marco, la "sostenibilidad" opera como un principio transversal de gestión, asociado a la eficiencia en el uso de recursos, la viabilidad financiera, la innovación tecnológica y la articulación entre desarrollo económico y mitigación ambiental. Esta orientación es coherente con lo que el *Manifiesto por la Vida*, elaborado en el marco del *Simposio sobre ética y Desarrollo Sustentable*, celebrado en Bogotá- Colombia en 2002, identifica críticamente como el horizonte del "desarrollo sostenible", entendido como un intento de armonizar el crecimiento económico con la conservación ambiental sin cuestionar de manera estructural la racionalidad productivista dominante (Galano et al., 2002).

En contraste, la Facultad de Minas introduce una semántica diferenciada al adoptar explícitamente el concepto de "sustentabilidad", particularmente a partir del giro paradigmático condensado en el lema "Ingeniería para la Vida". Esta selección no es accidental ni meramente retórica, sino que se encuentra sólidamente anclada en un cuerpo discursivo que desplaza el centro normativo desde el desarrollo económico hacia la vida como principio rector.

El *Manifiesto por la Vida* establece con claridad esta distinción al señalar que, si bien el discurso del desarrollo sostenible ha producido importantes acuerdos internacionales, también ha tendido a revitalizar el viejo mito desarrollista, promoviendo "la falacia de un crecimiento económico sostenible sobre la naturaleza limitada del planeta". Frente a ello, en esta comunicación se observa que la "sustentabilidad" se funda en el reconocimiento de los límites biofísicos de la

[96] Ver estado del arte

naturaleza y en la necesidad de construir una "nueva racionalidad social y productiva orientada a la preservación y regeneración de la vida" (Galano et al., 2002).

Esta misma semántica es retomada y resignificada por la Facultad de Minas en el *Manifiesto Ingeniería para la Vida*, donde se afirma de manera explícita que el objetivo es "poner a la vida en el centro y evitar el colapso de los ecosistemas de la Tierra" mediante un "cambio de paradigma social, cultural y científico" (López et al., 2019). En esta comunicación, la "sustentabilidad" aparece asociada de forma sistemática a la ética del cuidado, la ecología profunda y la concepción de los territorios como "tejidos de vida, sistemas complejos y dinámicos" (López et al., 2019, p. 3).

A diferencia de la "sostenibilidad", que continúa operando en relación funcional con el sistema económico, la "sustentabilidad" es definida como una "ética orientada a la continuidad de la vida en todas sus formas". El *Manifiesto por la Vida* es categórico al afirmar que "la ética de la sustentabilidad coloca a la vida por encima del interés económico-político o práctico-instrumental" y que solo será posible si "regeneramos el deseo de vida que sostiene los sentidos de la existencia humana" (Galano et al., 2002. p.13). Esta formulación desplaza el criterio de decisión desde la eficiencia hacia la regeneración de los ciclos vitales.

La Facultad de Minas adopta esta orientación al definir la *Ingeniería para la Vida* como un proyecto educativo que exige que "los sistemas económicos y sociales (y la infraestructura que los soportan) no vayan en detrimento de la capacidad inherente de los territorios para sustentar la vida" (Galano et al., 2002). En este sentido, la "sustentabilidad" no se presenta como una variable a optimizar, sino como una condición de posibilidad para la propia continuidad de la vida y de la ingeniería como práctica social. Este proceso puede interpretarse como una selección semántica interna frente a una pluralidad de irritaciones provenientes del entorno. Mientras la Universidad, como organización compleja, traduce las expectativas globales en el lenguaje de la "sostenibilidad", compatible con los códigos de la gestión, la planificación y la rendición de cuentas, la Facultad de Minas rearticula estas comunicaciones desde una semántica distinta, seleccionando la "sustentabilidad" como referencia ética de segundo orden.

Esta diferenciación no implica una ruptura con el sistema universitario, sino un proceso de reentrada reflexiva, en el que la Facultad redefine el sentido de las comunicaciones ambientales al inscribirlas en una ética de la vida. Una observación al manifiesto de ingeniería para la vida permite identificar la vinculación de la facultad a problemáticas globales tales como "transición energética,

cambio climático, desigualdad social, pandemias, etc." y la organización reconoce estos "desafíos" como "sistémicos" es decir:

> que emergen de la complejidad de procesos globales interconectados, dinámicos e interdependientes de los cuales sólo somos una parte. Estos desafíos son de dimensión ecológica, y corresponden a problemas de alcance planetario, que emergen en gran parte de nuestro apremio por perturbar sistemas complejos de manera cada vez más significativa, sin tener la habilidad, o la intención, de entender las posibles repercusiones sistémicas de esas perturbaciones (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022)

Además, la comunicación permite observar el diagnóstico de la organización en torno a estos desafíos:

> En el fondo, estamos ante una crisis mundial de perspectiva: la cultura dominante ha heredado una cosmovisión mecanicista que percibe al mundo como una máquina a la que la ciencia debe extraerle secretos, para que la ingeniería explote sus recursos, y posibilite que algunos sectores sociales persigan la ilusión del crecimiento infinito de economías de mercado impulsadas por el consumismo. Hoy es claro que esta forma de ser no es sostenible en un mundo finito, y que está llevando a muchos sistemas vivos, e incluso a la civilización misma, en dirección al colapso (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022, párr. 2).

Para hacer frente a ello, la Facultad cambia su paradigma:

> Evitar la catástrofe y lograr la *sustentabilidad* de la vida requiere de un *cambio de paradigma*, una *nueva forma* de ser, estar y de *relacionarnos* con el mundo, y en particular requiere reevaluar los procesos de enseñanza/aprendizaje dentro de nuestra institución académica. Desde el *Instituto de Educación en Ingeniería* de la Facultad de Minas, reconociendo el poder transformador de la educación, asumimos el reto de articular a la comunidad universitaria para crear una manera nueva de pensar y hacer ingeniería. Así, alineados con la visión sistémica del mundo que viene recientemente emergiendo desde diferentes sectores de la comunidad global, presentamos en este manifiesto una propuesta

> de *Proyecto Educativo de Facultad* (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022, párr. 3).

Esto supone desplazar el eje rector de la acción ingenieril de lo económico al cuidado de la vida:

> Queremos generar en nuestra comunidad universitaria un cambio hacia una perspectiva que tenga como foco a la vida en los territorios, entendiendo a éstos como tejidos de vida: sistemas complejos y dinámicos en los cuales estamos embebidos como seres vivos, individuos, comunidades y ecosistemas. En estos tejidos dependemos de, y afectamos a, los procesos que *sustentan toda la vida* (que es también nuestra vida), a través de cadenas causales altamente complejas, poco predecibles a pesar de ser regidas por las leyes físicas de la naturaleza (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022, párr. 4).

La racionalidad ingenieril, como forma operativa compleja, le permite la regulación sistémica de la disciplina en el marco de la semántica "sustentable":

> Bajo esta nueva perspectiva, ser ingeniero o ingeniera requiere entender, diseñar, construir y mantener comunidades donde los sistemas económicos y sociales (y la infraestructura que los soportan) no vayan en detrimento de la capacidad inherente de los territorios para *sustentar la vida* (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022, párr. 4).

En el *Manifiesto* se observan las competencias que se fortalecerán como parte del *Proyecto Educativo*. Proceso mediante el cual las preocupaciones ambientales son reespecificadas en el plano de la ética y articuladas con criterios de legitimidad propios del sistema científico.

1. Entender los territorios como sistemas complejos de los cuales somos parte, y que están constituidos por subsistemas interconectados de manera compleja y dinámica, los cuales generan patrones y propiedades emergentes que no pueden entenderse a partir de la reducción de los sistemas a sus partes individuales.

2. Reconocer las limitaciones - y saber estimar la incertidumbre - al realizar predicciones sobre el comportamiento de los sistemas complejos, para así poder estimar riesgos y tomar decisiones desde una ética profesional basada en el cuidado. En particular, concebir y ejecutar acciones desde la ingeniería que permitan obtener los resultados esperados de maneras sustentables, contribuyendo al bienestar económico, social y natural en los territorios.
3. Conocer las leyes y principios mediante los cuales entendemos el funcionamiento de la vida en la Tierra, y reconocer que somos dependientes de ella e interdependientes con todos los seres vivos. Esta conciencia ecológica debe traducirse en prácticas innovadoras de ecodiseño y, en general, en acciones ingenieriles que no vayan en detrimento de las capacidades regenerativas de la Vida que habita en los territorios.
4. Desarrollar habilidades de metacognición personal para saber aprender y conocer cómo se ha aprendido, incluyendo la capacidad de reconocer, valorar y argumentar críticamente tanto sus propios conocimientos, como aquellos emergentes de tradiciones y formas de saber que han contribuido a la sustentabilidad histórica de las comunidades en los territorios.
5. Tener capacidad de estudio transdisciplinar para sintetizar información sobre la historia natural y social de los territorios, y poder trabajar de manera multidisciplinar en la solución de problemas complejos, desde su propia experticia y a través de disciplinas, lenguajes y culturas diversas. Así, poder integrar múltiples tipos de conocimiento y capacidades de impacto sobre el territorio en diferentes escalas interconectadas, desde lo personal y local, hasta lo regional, continental y global (Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería, 2022, párr. 7-11).

Por otra parte, el *Perfil Genérico de Egreso*[97] elaborado por el *IEI* entre los años 2020-2021, mantiene la orientación semántica hacia la "sustentabilidad". Una observación a esta comunicación permite identificar en primera instancia, en coherencia con lo establecido en el *Manifiesto*

[97] https://minas.medellin.unal.edu.co/perfil-generico-de-egreso-de-la-facultad-de-minas-2

Ingeniería para la Vida, que el cambio de paradigma supone un asunto de orden ético, el enfoque ético en torno al cuidado de la vida:

> De acuerdo con los valores y fines misionales de la Universidad Nacional de Colombia y con el lema Trabajo y Rectitud, la Facultad de Minas afirma su compromiso con la formación de profesionales dedicados y responsables, idóneos para ejercer la ingeniería según estándares éticos, académicos y técnicos de calidad, conscientes de que la ingeniería constituye un poderoso factor de transformación de las comunidades humanas y del entorno natural (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, s.f. párr. 2).

La semántica de la "sustentabilidad", articulada al cuidado de la vida, comienza a emerger como una comunicación recurrente que se acopla a las estructuras éticas previamente estabilizadas de la organización, ingresando progresivamente en su horizonte de autoobservación y contribuyendo a la reconfiguración de su semántica ética.

> Además, son personas que contribuyen a la prosperidad de las comunidades en equilibrio con los territorios, integrando las intenciones y necesidades humanas con la sustentabilidad de la vida. Así, Trabajo y Rectitud se refiere a una manera ética de hacer las cosas, para bien de las generaciones presentes y futuras, para un mejor despliegue de las posibilidades sociales y culturales de los grupos humanos y preservar el equilibrio de la biosfera, como sistema complejo que garantiza la biodiversidad en la Tierra (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, s.f. párr.3).

La función de la ingeniería permite a la organización la traducción de las semánticas globales dentro de su margen de sentido operativo, siendo la ciencia el soporte legítimo del conocimiento:

> Los ingenieros y las ingenieras de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia tienen capacidad para identificar, plantear, analizar, resolver problemas complejos y evaluar y supervisar soluciones a partir de los principios de diseño en ingeniería.

> Son profesionales que valoran y promueven la vida y un ambiente sustentable. Personas íntegras que aprecian el trabajo colaborativo y multidisciplinario, que están en condiciones de liderar procesos de cambio social e innovación tecnológica a partir de la ingeniería, y que reconocen en la investigación un modo fundamental de resolver problemas (Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas, s.f. párr. 4-5).

Se establecen para ello diez *Competencias Genéricas* : Formular problemas de ingeniería, Resolver problemas de ingeniería, Planificar proyectos y obras de ingeniería, Gestionar proyectos y obras de ingeniería, Contribuir a la investigación y al desarrollo técnico de la ingeniería, Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, Promover la sustentabilidad de la vida en los territorios, Trabajar en equipo con espíritu emprendedor, colaborativo e incluyente, Comunicar de manera incluyente y efectiva, Aprender en forma continua y autónoma.

La evidencia empírica acumulada a lo largo del análisis no permite afirmar que los conceptos de "sostenibilidad" y "sustentabilidad" hayan alcanzado un mismo grado de estabilización dentro del horizonte operativo de la Facultad. Lo que se observa, más bien, es la consolidación del código de la "sostenibilidad" como orientación organizacional dominante, derivada de la normativa, los programas y las políticas institucionales de la Universidad Nacional de Colombia, a través de las cuales la Facultad de Minas estructura de manera recurrente sus decisiones administrativas, curriculares y científicas. Este código opera como referencia funcional estabilizada en múltiples niveles organizacionales, desde la gestión ambiental del campus hasta la planificación académica y la producción científica.

En contraste, en las comunicaciones reflexivas producidas desde el *IEI* (particularmente en el *Manifiesto Ingeniería para la Vida* y en el *Perfil Genérico del Egresado*) se privilegia la selección semántica de la "sustentabilidad". En términos evolutivos, la "sustentabilidad" emerge aquí como una variación semántica reflexiva que amplía el horizonte de sentido desde el cual la organización observa sus propias prácticas, sin que dicha semántica se haya traducido todavía de manera sistemática en estructuras decisionales recurrentes.

En este sentido, la Facultad de Minas opera predominantemente en clave de "sostenibilidad", mientras que la "sustentabilidad" se configura como una referencia anticipatoria que expresa la capacidad del sistema para autoobservar sus propios límites, problematizar sus orientaciones vigentes y ensayar posibles reconfiguraciones futuras de su práctica ingenieril. No

se trata, por tanto, de una sustitución del código ético estabilizado, sino de la emergencia de una variación semántica reflexiva que amplía el horizonte de observación del sistema sin haber alcanzado aún un estatus plenamente operativo.

La evidencia analizada permite afirmar que el código de la sostenibilidad se ha consolidado como la referencia ética dominante desde la cual la Facultad estructura de manera recurrente sus decisiones formativas, científicas y organizacionales, en consonancia con la orientación normativa de la Universidad Nacional de Colombia. Este código ha reconfigurado de forma significativa las comunicaciones éticas de la Facultad, introduciendo criterios de evaluación, diseño y gestión que incorporan de manera sistemática consideraciones ambientales y sociales.

Desde una perspectiva evolutiva, este desplazamiento semántico permite sostener que las comunicaciones éticas de la Facultad de Minas han experimentado una transformación estructural. La ingeniería, que históricamente restringía el horizonte de la responsabilidad profesional al cumplimiento de funciones técnicas y administrativas, ha ampliado su marco de referencia hacia una comprensión más compleja de la responsabilidad, en la que la explotación de los recursos naturales, los impactos socioambientales y las condiciones de reproducción de la vida se convierten en objetos legítimos de observación y decisión. En este proceso, la ética deja de operar como un complemento externo de la práctica ingenieril y se integra como una dimensión constitutiva de su autodescripción, permitiendo afirmar que la Facultad ha transitado hacia una forma de ingeniería que coloca la vida en el centro de su horizonte normativo y operativo.

5. Discusiones finales

La noción de modernización ocupa un lugar central en las autodescripciones de la sociedad contemporánea. Desde la teoría de sistemas sociales, sin embargo, esta noción no remite a un proceso lineal de progreso ni a un ideal normativo alcanzable, sino a una forma particular de autoobservación que emerge en el contexto de la diferenciación funcional. Como advierte Luhmann (2006), la sociedad moderna se describe a sí misma como "todavía no moderna" aun cuando sus estructuras operan plenamente como tales. Esta paradoja no expresa un déficit estructural, sino la imposibilidad de que un sistema funcional asuma la orientación normativa del conjunto social. La modernización se configura, así, como una semántica que permite observar y problematizar desajustes, tensiones y asincronías entre sistemas funcionales autónomos.

Este marco analítico resulta especialmente productivo para interpretar la evolución histórica de la Facultad de Minas. En sus etapas fundacionales, las comunicaciones éticas identificadas en torno a nociones como "virtud", "honradez", "disciplina" y "carácter" no operaban como un código moral diferenciado, sino como mecanismos locales de estabilización frente a un entorno social caracterizado por una baja diferenciación funcional. En este contexto, las expectativas provenientes del sistema político, de la moral religiosa y de una economía incipientemente racionalizada se encontraban estrechamente acopladas. Las comunicaciones éticas de la Facultad permitían reducir la complejidad asociada a esta configuración, orientando la formación del ingeniero hacia la confiabilidad personal y la corrección de la conducta individual, más que hacia la reflexión sobre los efectos sistémicos de la práctica profesional.

A medida que avanza el siglo XX, y con particular intensidad durante la década de 1960, los datos analizados muestran un incremento significativo de la complejidad interna de la Facultad, en correspondencia con la profundización de la diferenciación funcional de la sociedad mundial. El sistema político nacional intensifica su influencia a través de políticas de industrialización, reformas educativas y programas de expansión de la educación superior; el sistema científico adquiere mayor centralidad como fuente de legitimación del conocimiento ingenieril; y el sistema económico incrementa sus expectativas sobre la formación de profesionales altamente especializados. Estas presiones no se traducen de manera directa en la organización, sino que son procesadas mediante decisiones que reconfiguran estructuras académicas, currículos y formas de producción del conocimiento.

Desde esta perspectiva, la modernización aparece menos como un programa normativo y más como una semántica que permite articular irritaciones provenientes de sistemas funcionales distintos, sin integrarlas en un modelo coherente de sociedad. La Facultad traduce estas irritaciones en reorganizaciones internas que desplazan progresivamente la ética desde una orientación centrada en disposiciones morales individuales hacia formas más complejas de autorregulación organizacional. La ética profesional comienza a expresarse de manera implícita en estándares técnicos, procedimientos formativos y criterios de evaluación, en sintonía con la creciente autonomía del sistema científico y de la ingeniería como práctica especializada.

Hacia finales del siglo XX y comienzos del XXI, el ingreso de las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad introduce una nueva capa de complejidad en la autoobservación de la Facultad. Estas comunicaciones emergen en un entorno marcado por la visibilización de los límites ecológicos, la expansión de los riesgos socioambientales y la consolidación de expectativas globales sobre la responsabilidad de la ciencia y la ingeniería frente al medio ambiente. El sistema educativo superior se convierte en un punto de condensación privilegiado de estas comunicaciones, en la medida en que articula la producción de conocimiento, la formación profesional y la proyección social.

El análisis muestra que la Facultad de Minas procesa estas irritaciones mediante decisiones organizacionales que permiten estabilizar la sostenibilidad como una orientación ética operativa. Programas de posgrado, líneas de investigación, estructuras reflexivas como el Instituto de Educación en Ingeniería y dispositivos de gestión ambiental constituyen espacios en los que estas comunicaciones se reespecifican de acuerdo con la función del sistema universitario. La sostenibilidad y la sustentabilidad adquieren relevancia no como valores externos, sino como comunicaciones éticas diferenciadas que posibilitan observaciones de segundo orden sobre la propia práctica ingenieril, en particular frente a la gestión del riesgo, la previsión de impactos y la relación con el entorno natural.

Desde esta óptica, la transformación de las comunicaciones éticas en la Facultad no puede interpretarse como una progresiva moralización de la ingeniería, sino como un desplazamiento en los criterios mediante los cuales la organización reduce complejidad y asegura su continuidad operativa. La ética deja de operar exclusivamente como una referencia al carácter individual del ingeniero y se integra a formas técnicas de deliberación, tales como la modelación, la simulación y la evaluación prospectiva. La sostenibilidad y la sustentabilidad funcionan, así, como semánticas

que permiten tematizar los límites de la intervención técnica sin abandonar la racionalidad propia de la profesión.

Esta discusión teórica permite observar que las distintas configuraciones éticas identificadas a lo largo de la historia de la Facultad, la ética del carácter, la profesionalización técnica y las actuales orientaciones hacia el cuidado del entorno y de la vida, no se suceden como etapas de superación moral, sino como respuestas comunicativas diferenciadas a entornos estructuralmente distintos. Cada una de ellas expresa una forma específica de articulación entre organización y entorno, y pone de relieve la manera en que la Facultad ha ajustado sus autodescripciones éticas en una sociedad caracterizada por la contingencia, la complejidad y la diferenciación funcional.

Uno de los hallazgos de esta investigación es que la evolución histórica de la Facultad de Minas solo resulta inteligible cuando se la observa como una organización que, desde sus orígenes, ha operado bajo las condiciones estructurales de la educación moderna. El análisis documental muestra que, desde finales del siglo XIX, la Facultad se inserta en un esquema educativo caracterizado por la escolarización organizada por ciclos, la regulación meritocrática del acceso al conocimiento y a las posiciones profesionales, así como por una progresiva autonomización de la ciencia frente a la religión y la política. Estas características no se configuran de manera inmediata ni homogénea, pero constituyen el trasfondo operativo desde el cual la organización estructura sus programas, organiza su currículo, define criterios de evaluación y produce sus primeras comunicaciones éticas orientadas a la conducta y al carácter profesional del ingeniero.

Desde una perspectiva sistémica, la Facultad no “reproduce” simplemente un modelo educativo preexistente, sino que participa activamente en la estabilización regional de la educación moderna, contribuyendo a la diferenciación funcional del sistema educativo en Colombia. En este proceso, las comunicaciones éticas iniciales no operan como un código moral autónomo, sino como formas de reducción de complejidad que permiten asegurar confiabilidad profesional en un entorno social en proceso de diferenciación, donde ciencia, política, economía y moral religiosa se encontraban estrechamente acopladas.

La triangulación entre teoría y evidencia empírica permite observar que las transformaciones éticas y organizacionales identificadas se explican menos por la adopción directa de normas externas y más por la ampliación de las condiciones estructurales propias de la educación moderna. A medida que la ciencia consolida su autonomía, el sistema político redefine

sus mecanismos de regulación y la economía industrial incrementa la demanda de especialización técnica, la Facultad rearticula sus expectativas formativas y redefine los criterios que orientan la práctica ingenieril.

En este contexto, la emergencia de la sostenibilidad como comunicación especializada no puede entenderse como un agregado discursivo, sino como el resultado de un proceso prolongado de ajuste organizacional frente a tensiones recurrentes entre ciencia, política, economía y sociedad. La Facultad procesa estas expectativas mediante decisiones curriculares, investigativas y organizacionales que permiten integrar consideraciones ambientales y sociales sin abandonar la racionalidad técnica de la ingeniería. Desde la teoría de sistemas, esta dinámica confirma que la educación moderna no prescribe contenidos éticos específicos, pero sí establece el marco dentro del cual las organizaciones educativas desarrollan la capacidad de observar reflexivamente su propia función social.

Además, el recorrido analítico desarrollado a lo largo de esta investigación permite observar que la ética, entendida inicialmente como una forma de autorreferencia individual, aquello que Luhmann describe como un “espejo” mediante el cual los individuos se observan a sí mismos a la luz de expectativas sociales, experimenta un desplazamiento decisivo cuando es traducida al ámbito organizacional y profesional. En el plano individual, la ética opera como un recurso reflexivo para orientar la acción bajo condiciones de contingencia; sin embargo, al ingresar en la semántica profesionalizante de la ingeniería, esta reflexividad adopta una forma distinta. La ética se transforma en un criterio de pertenencia, en una expectativa de membresía que orienta cómo debe actuar un ingeniero para ser reconocido como tal dentro del campo profesional. En este tránsito, la ética deja de depender exclusivamente de la autorreflexión subjetiva y se inscribe en las estructuras comunicativas de la profesión, en sus estándares, competencias, responsabilidades y autorizaciones.

Este desplazamiento se hace especialmente visible cuando las comunicaciones éticas se estabilizan organizacionalmente. A medida que la Facultad de Minas se integra a redes científicas y educativas de alcance global, se expone de manera creciente a expectativas normativas provenientes de distintos sistemas funcionales: el sistema jurídico, a través de regulaciones ambientales; el sistema científico, mediante estándares de validación del conocimiento; y el sistema educativo mundial, a través de criterios de calidad, evaluación y acreditación. Estas expectativas introducen orientaciones éticas vinculadas al cuidado ambiental, la responsabilidad territorial y la

sustentabilidad, no como apelaciones morales, sino como condiciones de aceptabilidad de la formación y del ejercicio profesional. Las comunicaciones éticas vinculadas a la semántica de la sostenibilidad y de sustentabilidad deja así de anclarse en convicciones personales y se estabiliza como expectativa organizacional recurrente, operando como criterio de acceso, permanencia y reconocimiento dentro del campo de la ingeniería.

6. Conclusiones

6.1. La sostenibilidad y la sustentabilidad como resultado de procesos de traducción organizacional y diferenciación semántica:

Los hallazgos de esta investigación permiten concluir que las comunicaciones en torno a la sostenibilidad ingresan a la Facultad de Minas como resultado de un proceso de traducción organizacional realizado por la Universidad Nacional de Colombia frente a semánticas globales asociadas al cuidado del ecosistema y del medio ambiente. En tanto organización universitaria pública acoplada al sistema ciencia y vinculada a proyectos estatales de largo alcance, la Universidad procesa expectativas provenientes de entornos globales, educativos, científicos y políticos, comprometidos con la problemática ambiental, reespecificándolas en orientaciones normativas, programas y criterios de decisión organizacional. La Facultad de Minas, como organización académica especializada, procesa estas comunicaciones conforme a sus propias funciones operativas, estabilizando el código de la sostenibilidad como referencia dominante para orientar la producción de conocimiento, la formación en ingeniería y la gestión académica. En este nivel, la sostenibilidad se consolida como una semántica organizacional recurrente que articula consideraciones ambientales con lógicas de planificación, eficiencia y gestión, manteniendo una relación estructural con expectativas provenientes del sistema económico.

Sin embargo, el análisis muestra que, a través de espacios organizacionales reflexivos como el Instituto de Educación en Ingeniería, la Facultad ha comenzado a reformular estas comunicaciones en clave de sustentabilidad, introduciendo una semántica diferenciada orientada al cuidado de la vida, los territorios y las condiciones de reproducción socioambiental. Esta selección se hace visible en comunicaciones programáticas como el *Manifiesto Ingeniería para la Vida* y el *Perfil Genérico del Egresado*, donde la sustentabilidad opera como horizonte ético de autoobservación de la práctica ingenieril. No obstante, esta semántica aún no se ha estabilizado de manera transversal en todas las estructuras decisionales de la organización, por lo que puede ser comprendida como una variación reflexiva que coexiste con el código dominante de la sostenibilidad. En este proceso, las comunicaciones éticas del ingeniero se transforman: la responsabilidad profesional deja de restringirse a la correcta ejecución técnica y administrativa, ampliándose hacia la consideración sistemática de los efectos de la intervención ingenieril sobre el

medio ambiente y la vida. De este modo, la ética se integra a la operatividad de la ingeniería como una tensión estructural permanente entre decisiones técnicas y orientaciones de cuidado, dando cuenta de una evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas.

6.2. La evolución histórica de las comunicaciones éticas no responde a acumulación moral, sino a reconfiguraciones de acoplamientos sistémicos

Los resultados de esta investigación permiten concluir que la evolución de las comunicaciones éticas en la Facultad de Minas entre 1886 y 2022 no responde a un proceso acumulativo ni a una progresiva "conciencia moral" de la ingeniería, sino a sucesivas reconfiguraciones en las referencias que esta organización ha procesado desde distintos sistemas sociales funcionalmente diferenciados. En cada periodo histórico, las formas en que la ética se vuelve comunicable y operativa dentro de la formación ingenieril dependen de los acoplamientos predominantes entre el sistema educativo y otros sistemas como el religioso, el estatal, el económico y el científico, los cuales introducen expectativas específicas sobre el sentido, los límites y la legitimidad de la práctica profesional.

Durante las etapas tempranas, la ética se articula principalmente en relación con referencias provenientes del sistema religioso y del Estado, configurándose como un horizonte de deber, obediencia y servicio público que orienta la formación del ingeniero en clave de orden social y utilidad nacional. Posteriormente, con el fortalecimiento del acoplamiento entre educación, ciencia y economía, las comunicaciones éticas se reespecifican hacia criterios de racionalidad técnica, eficiencia productiva y competencia profesional, desplazando progresivamente las referencias morales explícitas hacia estándares de desempeño y validación científica. En este tránsito, la ética no desaparece, sino que se transforma, adaptándose a nuevas expectativas funcionales que privilegian la capacidad de intervención técnica y la contribución al desarrollo económico.

A partir de la segunda mitad del siglo XX, y con mayor intensidad desde la década de 1980, el análisis muestra la emergencia de nuevas comunicaciones provenientes del entorno global, asociadas a la crisis ambiental, la regulación jurídica de los impactos tecnológicos y la reorganización de la ciencia en torno a problemas complejos. Estas referencias introducen límites a la lógica exclusivamente productiva y reabren la posibilidad de tematizar la responsabilidad profesional desde una perspectiva ampliada. En este contexto, las comunicaciones éticas

vinculadas al cuidado ambiental emergen como respuestas organizacionales a expectativas externas que condicionan la legitimidad de la ingeniería contemporánea, sin que ello implique una ruptura con las lógicas funcionales previamente estabilizadas.

En consecuencia, la evolución observada debe ser comprendida como un proceso de diferenciación y reconfiguración semántica mediante el cual la Facultad de Minas ha ido ajustando sus comunicaciones éticas a las transformaciones de su entorno sistémico. La ética se presenta así como una forma contingente de comunicación, históricamente situada, cuya función consiste en orientar la toma de decisiones profesionales en contextos de complejidad variable. Este hallazgo refuerza la idea de que las transformaciones éticas en la ingeniería no dependen de la voluntad individual de los actores, sino de las condiciones estructurales que hacen posible y relevante la comunicación de determinadas expectativas en determinados momentos históricos.

6.3. La ética en la ingeniería se transforma de autorreflexión individual en criterio organizacional de pertenencia profesional

Los resultados de esta investigación permiten concluir que la ética en la ingeniería, observada históricamente en el contexto de la Facultad de Minas, ha experimentado un desplazamiento estructural desde formas centradas en la autorreflexión individual hacia configuraciones comunicativas que operan como criterios organizacionales de pertenencia profesional. En sus momentos fundacionales, las comunicaciones éticas se orientaban principalmente a la formación del carácter del ingeniero, funcionando como expectativas dirigidas al individuo para garantizar confiabilidad, disciplina y rectitud en el ejercicio de la profesión. Estas referencias éticas operaban como mecanismos de orientación personal frente a un entorno social aún poco diferenciado, en el cual la distinción entre responsabilidad técnica, moral y social permanecía relativamente difusa.

Con la progresiva diferenciación funcional de la sociedad y la consolidación de la ingeniería como práctica profesional especializada, la ética deja de operar prioritariamente como autorreflexión subjetiva y comienza a estabilizarse como una semántica propia de la profesión, articulada a estándares, reglas, competencias y expectativas compartidas. En este proceso, la Facultad de Minas contribuye a traducir las comunicaciones éticas en formas organizacionalmente observables: perfiles de egreso, criterios de evaluación, lineamientos curriculares y orientaciones

formativas que definen qué conductas, decisiones y responsabilidades son esperables de un ingeniero reconocido como miembro legítimo del campo profesional. La ética se reespecifica así como un horizonte de expectativas que ya no depende de la convicción individual, sino de la adecuación a marcos profesionales colectivamente estabilizados.

En su configuración más reciente, asociada a la incorporación de semánticas de sostenibilidad y sustentabilidad, esta transformación se profundiza. Las expectativas éticas relativas al cuidado del medio ambiente, la vida y los territorios operan como condiciones estructurales para la formación y el ejercicio profesional, delimitando las fronteras de sentido dentro de las cuales la ingeniería puede operar legítimamente. De este modo, la ética se integra a la operatividad del sistema educativo y profesional como un criterio de pertenencia que orienta decisiones técnicas y organizacionales, sin apelar a imperativos morales universales ni a la autorregulación individual. La evolución observada confirma que, en el caso de la Facultad de Minas, la ética en la ingeniería se ha transformado en una comunicación reflexiva de segundo orden que redefine la responsabilidad profesional al interior de una sociedad funcionalmente diferenciada.

6.4. La Facultad de Minas como organización que procesa irritaciones externas sin perder autonomía operativa

Los hallazgos de esta investigación permiten concluir que la Facultad de Minas se configura como una organización capaz de procesar de manera selectiva las irritaciones provenientes de su entorno social sin renunciar a su autonomía operativa. En coherencia con la teoría de sistemas sociales, dichas irritaciones no constituyen influencias directas ni determinaciones externas, sino perturbaciones que el sistema reconoce y traduce según sus propias estructuras, programas y criterios de decisión. A lo largo del periodo analizado, la Facultad ha sido expuesta a expectativas cambiantes provenientes del sistema político, del sistema científico, del sistema económico y del sistema educativo global; sin embargo, la respuesta organizacional no ha consistido en una adaptación lineal, sino en la producción de decisiones internas que reespecifican dichas expectativas conforme a su función formativa y académica.

Este modo de procesamiento se hace visible en la forma en que la Facultad ha reorganizado sus estructuras curriculares, ha creado unidades académicas especializadas y ha reformulado sus

orientaciones éticas sin alterar su identidad operativa como organización dedicada a la formación en ingeniería. La incorporación de comunicaciones asociadas a la sostenibilidad y, la sustentabilidad, no implica una subordinación de la Facultad a agendas externas, sino una traducción organizacional que permite integrar estas referencias como criterios internos de orientación, evaluación y legitimación. En este sentido, la Facultad no reproduce de manera inmediata las semánticas circulantes en el entorno, sino que las filtra, selecciona y rearticula en función de sus propias capacidades operativas y de sus condiciones históricas de posibilidad.

La evolución de las comunicaciones éticas observada en esta investigación confirma que la autonomía organizacional no se opone a la apertura al entorno, sino que se constituye precisamente a través de la capacidad de transformar irritaciones en decisiones propias. La Facultad de Minas mantiene su clausura operativa en la medida en que las referencias externas solo adquieren relevancia cuando pueden ser comunicativamente integradas a sus programas formativos, a sus criterios profesionales y a sus estructuras académicas. De este modo, la organización logra ampliar su complejidad interna, redefinir la responsabilidad profesional del ingeniero y actualizar sus orientaciones éticas sin perder la coherencia de su operación, evidenciando un patrón evolutivo consistente con las dinámicas de una sociedad funcionalmente diferenciada.

6.5. Aportes teóricos y límites del estudio: la ética de la sustentabilidad como comunicación situada, no universal

Esta investigación aporta al debate sociológico sobre ética, educación superior e ingeniería al demostrar que las transformaciones observadas en la Facultad de Minas no remiten a la emergencia de una ética universal, sino a la evolución de la ética profesional entendida como una comunicación reflexiva de segundo orden. En este sentido, la ética no opera como un conjunto de valores universales ni como un sistema normativo autónomo, sino como una forma mediante la cual la organización observa, problematiza y reespecifica las expectativas asociadas al ejercicio profesional de la ingeniería. Las semánticas de la sostenibilidad y la sustentabilidad funcionan como marcos comunicativos amplios dentro de los cuales se incorporan progresivamente referencias a la responsabilidad, el cuidado de la vida y la relación con el entorno, sin constituirse por sí mismas en códigos éticos cerrados.

Desde una perspectiva luhmanniana, uno de los principales aportes teóricos del estudio consiste en mostrar cómo estas semánticas permiten a la ética profesional ampliar su capacidad de

orientación sin abandonar su carácter contingente y situado. La ética profesional que se observa en la Facultad de Minas no sustituye los códigos operativos de la ciencia, la técnica o la organización universitaria, ni introduce mandatos morales universales sobre el cuidado ambiental. Más bien, actúa como una instancia reflexiva que observa los límites de la racionalidad técnica y reintroduce, en forma de expectativas comunicables, la pregunta por las consecuencias de la intervención ingenieril sobre la vida, los territorios y los ecosistemas. De este modo, la ética profesional se reconfigura como un mecanismo de articulación entre decisiones técnicas y expectativas sociales, sin resolver normativamente las tensiones que dicha articulación produce.

Al mismo tiempo, el estudio reconoce límites analíticos que deben ser explicitados. En primer lugar, el análisis se circunscribe a una organización específica y a su trayectoria histórica, por lo que no pretende establecer generalizaciones normativas sobre la ética profesional de la ingeniería en su conjunto. La ética profesional reconstruida en esta investigación es una forma comunicativa situada, dependiente de estructuras organizacionales concretas y de acoplamientos específicos con otros sistemas sociales. En segundo lugar, la investigación se centra en la observación de comunicaciones organizacionales y no en la conducta individual de los ingenieros, lo que implica que la ética es analizada en su dimensión sistémica y no como disposición subjetiva o moral personal.

En consecuencia, este estudio no propone una ética universal del cuidado ni un programa normativo para la ingeniería, sino una reconstrucción sociológica de los procesos mediante los cuales la ética profesional se transforma al incorporar nuevas semánticas en respuesta a la creciente complejidad socioambiental. Al concebir la ética como comunicación reflexiva de segundo orden, la investigación muestra que las referencias al cuidado de la vida y del entorno no se imponen como imperativos morales externos, sino que emergen y se estabilizan en la medida en que resultan operativamente relevantes para la autoobservación y la continuidad de la organización. Este enfoque permite comprender tanto el alcance como los límites de la ética en la ingeniería contemporánea y abre nuevas líneas de investigación orientadas a analizar cómo distintas organizaciones procesan estas semánticas en contextos históricos y funcionales diversos.

Referencias

Alonso Marcos, B. (2010). *Historia de la educación ambiental: La educación ambiental en el siglo XX*. Asociación Española de Educación Ambiental. ISBN: 978-84-693-0505-8

Alvarado Mejía, M. y Rangel Luquéz, O. (2012). Ética: Directriz para toma de decisiones en universidades. *Revista Guillermo de Ockham*, *10*(2), 65-74.

Bateman, A. D. (1944). Primer congreso nal. de Ingeniería. *DYNA*, *11*(50), 3. https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/108450

Bohórquez Casallas, L. A. (1956). La evolución educativa en Colombia. Bogotá: *Cultural Colombiana*.

Botero, S. (2006). La reforma constitucional de 1936, el Estado y las políticas sociales en Colombia. *Anuario Colombiano de Historia Social y de la Cultura*, (33) 85-109

Bravo Betancur, J. M. (1987). *Monografía sobre la Escuela de Minas*. Litoarte Ltda.

Cabello, A. (2024). *New Deal: Qué es y cómo salvó a Estados Unidos de la Gran Depresión*. https://economipedia.com/definiciones/new-deal.html

Callejas Restrepo, M. M., Sáenz Zapata, O., Plata Rangel, Á. M., Holguín Aguirre, M. T. y Mora Penagos, W. M. (2018). El compromiso ambiental de instituciones de educación superior en Colombia. *Praxis & Saber*, *9*(21), 197–214. https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8928

Carlevaro, P. V. (2010). Intersecciones y uniones de la universidad con la ética. *Reencuentro. Análisis de Problemas Universitarios*, *57*, 8-17.

Carta de Guatemala. (1949). *Centro de información y documentación universitarias*. Imprenta Universitaria. http://dspaceudual.org/bitstream/RepUDUAL/1466/1/I%20Congreso%20Universidades%20Latinoamericanas%20Recomendaciones.pdf

Chávez González, G. (2005). Identidad, valores y ética en la formación de los historiadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León. *Reencuentro. Análisis de Problemas Universitarios*. 0188-168X

Cifuentes Medina, J. E. y Camargo Silva, A. L. (2016). La historia de las reformas educativas en Colombia. *Cultura Educación y Sociedad*, *7*(2), 26-37

Colombia. Congreso de la República. (1826). *Ley y reglamentos orgánicos de la enseñanza pública en Colombia 1826*. Acordados en el año de 1826.-16. Bogotá. Imprenta de Manuel María Viller Calderón

Colombia. Congreso de la República. (1937). *Ley 94 de 1937: por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de ingeniería*. Publicado en el Diario Oficial Numero 23640, Bogotá, viernes 26 de noviembre de 1937

Colombia. Congreso de la República. (1961). *Ley 135 de 1961: sobre reforma social agraria*. Publicado en el Diario Oficial. N. 30691. 20 de diciembre de 1961.

Colombia. Congreso de la República. (1973). *Ley 23 de 1973: por el cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y de Protección al Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 1973.

Colombia. Congreso de la República. (1886). *Ley 60 de 1886*. Diario Oficial. https://gestiondocumental.medellin.unal.edu.co/images/2025/Actos_administrativos/Ley60_1886.pdf

Colombia. Congreso de la República. (1990). *Ley 29 de 1990: por la cual se dictan disposiciones para el fomento de la investigación científica y el desarrollo tecnológico y se otorgan facultades extraordinarias*. Diario Oficial 1990.

Colombia. Congreso de la República. (1992). *Ley 30 de 1992: por la cual se organiza el servicio público de la educación superior*. Publicada en el Diario Oficial 40.700 de diciembre 29 de 1992.

Colombia. Congreso de la República. (1993). *Ley 99 de 1993: por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones*. Publicada en el Diario Oficial No. 41146 de diciembre 22 de 1993.

Colombia. Congreso de la República. (1994). *Ley 115 de 1994: por la cual se expide la Ley General de Educación*. Publicado en el Diario Oficial No. 41.214 del 08 de febrero de 1994.

Colombia. Congreso de la República. (2012). *Ley 1549 de 2012: por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la política nacional de educación ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial*. Publicada en el Diario Oficial No. 48482 de julio 5 de 2012

Colombia. Congreso de los Estados Unidos de Colombia. (1867). Ley 66 de 1867. Diario Oficial de 1867

Colombia. León XIII y el Presidente de la República de Colombia (1887). *Concordato entre la República de Colombia y la Santa Sede*. https://www.cortesuprema.gov.co/corte/wp-content/uploads/subpage/exequatur/Instrumentos%20Internacionales/CONCORDATO%20ENTRE%20LA%20REPUBLICA%20DE%20COLOMBIA%20Y%20LA%20SANTA%20SEDE.pdf

Colombia. Ministerio de Educación Nacional. (2020). *Acuerdo 02 de 2020: por el cual se actualiza el modelo de acreditación en alta calidad*. https://www.cna.gov.co/1779/articles-402848_documento.pdf

Colombia. Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia. (2022). *Organización de Estados Americanos (OEA)*. https://www.cancilleria.gov.co/international/regional/oas

Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y Ministerio de Educación Nacional. (2003). *Política nacional de educación ambiental*.

https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Politica-Nacional-Educacion-Ambiental.pdf

Colombia. Ministerios de Educación Nacional (2017). *Plan Nacional Decenal de Educación 2016–2026*. ISBN: 978-958-5443-46-4. https://www.mineducacion.gov.co/1780/articles-392871_recurso_1.pdf

Colombia. Presidencia de la República. (1980). *Decreto 80 de 1980: por el cual se organiza el sistema de educación post-secundaria*. Dado en Bogotá. D.C., a los 22 días del mes de enero del año 1980.

Colombia. Presidencia de la República. (1980). *Decreto 82 de 1980: por el cual se establece el régimen orgánico de la Universidad Nacional de Colombia y se dictan otras disposiciones*. Publicado en el Diario Oficial. N. 35466. 30 de abril de 1864

Colombia. Presidencia de la República. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Presidencia de la República

Colombia. Presidencia de la República. (1991*). Decreto 585 de 1991: por el cual se crea el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, se reorganiza el Instituto Colombiano para el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología - Colciencias - y se dictan otras disposiciones*. Publicado en el Diario Oficial 39.702 de febrero 26 de 1991.

Colombia. Presidencia de la República. (1993). *Decreto 1210 de 1993: por el cual se reestructura el Régimen Orgánico Especial de la Universidad Nacional de Colombia*. Publicado en el Diario Oficial 1993

Departamento Nacional de Planeación. (1986). *Plan de economía social 1986-1990*. https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/Paginas/plan-de-economia-social-1986-1990-virgilio-barco.aspx

Departamento Nacional de Planeación. (1994). *El salto social: Bases para el plan nacional de desarrollo, 1994-1998*. https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/Paginas/el-salto-social-1994-1998-ernesto-samper.aspx

Díaz, J., Montaner, J. y Prieto, M. (2007). Formación ética para un desarrollo sustentable. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XIII (1), 159-171.

Escuela Nacional de Minas de Medellín. (1887). Estatutos de la Escuela Nacional de Minas de Medellín. *Anales de la Instrucción Pública en la República de Colombia*. Tomo XI, No. 63, octubre de 1887, Bogotá, pg. 376.

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. (sf). *Campus sostenible*. https://minas.medellin.unal.edu.co/campus-sostenible/

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. (sf). *Instituto de Educación en Ingeniería (IEI)*. https://minas.medellin.unal.edu.co/formacion/iei-instituto-de-educacion-en-ingenieria

Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia. (sf). *Misión y visión*. https://minas.medellin.unal.edu.co/campus-sostenible/campus-sostenible/mision-vision.html**

Galano, C., Curi, M., Motomura, O., Porto Gonçalves, C. W., Silva, M., Ángel, A., Ángel, F., Borrero, J. M., Carrizosa, J., Cortés, H., Flórez, M., Lozano, A., Llano, A., Mariño, J., Mayr, J., Schütze, K., Valenzuela, L. C., Mora, E., Clark, I., Leff, E. (2002). Manifiesto por la vida: por una ética de la sustentabilidad [Declaración colectiva]. Simposio sobre Ética Ambiental y *Desarrollo Sustentable, Bogotá, Colombia*. https://augustoangelmaya.org/statics/documents/Manifiesto-por-la-Vida.pdf

Gil R, C. (2015). El desarrollo sustentable y análisis de su impacto en los códigos de ingeniería ética en dos países latinoamericanos. *Provincia*, (34), 11-24.

Gonzalez Gaudiano, G. (1985). *Carta de Bogotá sobre Universidad y Medio Ambiente.* http://publicaciones.anuies.mx/pdfs/revista/Revista71_S2A2ES.pdf

González González, F.E. (2022). El Concordato de 1887: Los antecedentes, las negociaciones y el contenido del tratado con la Santa Sede. *Credencial Historia* (41) (/biblioteca virtual/credencial historia/numero-41).

Gutiérrez Bastida, J.M. (2013). *De rerum natura. Hitos para otra historia de la educación ambiental*. Editorial Bubok. Madrid.

Gutiérrez. L. H. (2014). A modo de historiografía de la educación colombiana en los primeros años de independencia. *Praxis Pedagógica*. (15) 125-140

Herrera, R. H. (2006). La naturaleza de la ingeniería. Ingeniería. *Revista de la Universidad de Costa Rica*, *16*(2), 33-43.

Hiera López, J.C. (1966). Primer Seminario Nacional de Facultades de Ingeniería. *DYNA: revista de la Facultad de Minas*. *Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, (81), 55-64

Hinkelammert, F. J. (2005). La universidad frente a la globalización. *Revista de la Universidad Bolivariana*, *4*(11).

Jaramillo Uribe, J. (1980). *Decreto orgánico de instrucción pública Nov.1/1870.*Universidad Pedagógica Nacional.

Jiménez Iguarán, N. y Ramírez, O. J. (2016). Biomímesis: una propuesta ética y técnica para reorientar la ingeniería por los senderos de la sustentabilidad. *Gestión y Ambiente*, 19(1),

Krippendorff, K. (1997). *Metodología de análisis de contenido: Teoría y práctica* (L. Wolfson, Trad.; 1a ed.). Paidós. (Obra original publicada en 1980)

López, D., Manotas, E., Castro, K., Álvarez, H., Osorio, D., Benjumea, P., Ramírez, J. & Herrera, D. (2022). *Ingeniería para la vida: un manifiesto desde la Universidad Nacional de Colombia*. Ponencia presentada en el Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2022.

Luhmann, N. (1998). *Sistemas sociales: Lineamientos para una teoría general* (S. Pappe & B. Erker, Trad.; J. Torres Nafarrate, Coord.). Anthropos; Universidad Iberoamericana; CEJA, Pontificia Universidad Javeriana. (Obra original publicada en 1984)

Luhmann, N. (2006). *La sociedad de la sociedad* (J. Torres Nafarrate, Trad.). Herder. (Obra original publicada en 1997)

Luhmann, N. (2012). Puede la sociedad moderna evitar los peligros ecológicos. *Argumentos*, *25*(69), 81-97

Mariño, J. J. (2007). Reflexiones sobre el papel de la Ingeniería Civil en la evolución del medio ambiente en Colombia. *Revista de Ingeniería*, (26), 65-73.

Marquínez Argote, G. (1983). *Benthamismo y antibenthamismo en Colombia.* El Buho.

Mayor Mora, A. (1984). *Ética, trabajo y productividad en Antioquia: Una interpretación sociológica sobre la influencia de la Escuela Nacional de Minas en la vida, costumbres e industrialización regionales*. Ediciones Tercer Mundo.

Melo González, J. O. (2022). Las reformas liberales de 1936 y 1968. *Credencial Historia* No. 13 (/biblioteca virtual/credencial historia/numero-13. https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-13/las-reformas-liberales-de-1936-y-1968

Melo, J. (2008). La idea de progreso en el siglo XIX, ilusiones y desencantos, 1780 – 1930. https://www.academia.edu/4043723/La_idea_del_progreso_en_el_siglo_XIX_ilusiones_y_desencantos_1780_1930

Mendoza Belmonte, M. R., Oliveros Ruiz, M. A. y Valdez Salas, B. (2018). La ética profesional desde la perspectiva de los alumnos de ingeniería de una universidad pública. *REXE. Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, *17*(33), 161-170. https://doi.org/10.21703/rexe.20181733mmendoza5.

Misión de Ciencia, Educación y Desarrollo. (1995). *Informe de la misión de sabios. Colombia al filo de la oportunidad (Tomo 1)*. Tercer Mundo Editores.

Miras, J., y Longás, J. (2020). Liderazgo pedagógico y liderazgo ético: Perspectivas complementarias de la nueva dirección escolar. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, *19*(41), 287-305. https://dx.doi.org/10.217 03/rexe.20201941miras16

Moreno Navas, F. M. (2008). Origen, concepto y evolución de la educación ambiental. *Revista Innovación y Experiencias Educativas*. 1988-6047. Nº 13 – diciembre de 2008

Murray, P. S. (2012). *Sueños de desarrollo: la Escuela Nacional de Minas de Colombia y sus ingenieros 1887-1970* (N. Castro, Trad.; Universidad Nacional de Colombia). Universidad Nacional de Colombia.

Naciones Unidas. (1973). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Estocolmo. A/CONF.48/14/Rev. l

Naciones Unidas. (1981). *Declaración de Cocoyoc*. D.A-1981, núm. 190. https://revistasonline.inap.es/index.php/DA/article/view/4549/4603

Naciones Unidas. (1982). *Carta Mundial de la Naturaleza*. Resolución 37/7 de la Asamblea General de las Naciones Unidas. https://ecojurisprudence.org/es/iniciativas/carta-mundial-para-la-naturaleza-1982/

Naciones Unidas. (1992). *Declaración de Rio sobre medio ambiente*. La conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo. Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992.

Naciones Unidas. (2015). *Acuerdo de parís*. https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible. Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS.* https://www1.funcionpublica.gov.co/web/murc/544

Northouse, P. G. (2012). Leadership: teory and practice. SAGE Publications, Inc.

Novo Villaverde, M. (1998). La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas. *Contextos Educativos. Revista De Educación*, (2), 310–311. https://doi.org/10.18172/con.417

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2025). *Carta de las Naciones Unidas*. https://www.un.org/es/about-us/un-charter

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (1978). *La Carta de Belgrado. Un marco general para la educación ambiental*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000017772_spa/PDF/017772spab.pdf.multi

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura [UNESCO]. (2025). *Historia de la UNESCO*. https://www.unesco.org/es/history

Organización de los Estados Americanos [OEA]. (1967). *Declaración de los presidentes de América: Reunión de jefes de Estado Americanos*. Punta del Este, Uruguay, 12–14 de abril de 1967. https://www.summit-americas.org/declaracion%20presidentes-1967-span.htm

Organización de los Estados Americanos [OEA]. (2009). *Nuestra historia*. https://www.oas.org/es/acerca/nuestra_historia.asp

Osorio Vega, D. B. (2012). Historia de la educación en Bogotá. Tomo I: La Reforma Ospina Rodríguez (1842–1845). Instituto para la Investigación Educativa y el Desarrollo Pedagógico (IDEP).

Ospina Cruz, C. A. (2011). *Proyecto moderno instruccionista en Antioquia (1903-1930). Ley 39 de 1903, modos de instrucción y enclaves de resistencia*. [Tesis de doctorado, Universidad de Antioquia]. Repositorio Institucional Universidad de Antioquia.

Osuna, C. y Luna, E. (2011). Valores éticos en la formación universitaria de las áreas de ciencias naturales e ingeniería y tecnología, en el contexto de la sociedad del conocimiento. *Formación Universitaria, 4*(5), 29-36.

Paz, A., Núñez, M. G, García, J. y Salom, J. (2016). Rol del liderazgo ético en organizaciones académicas. *Opción, 32*(12), 148-168.

Peña Reyes, J. I. (2011). Grandes retos de la ingeniería y su papel en la sociedad. *Ingeniería e Investigación*. *31*(1), 100-111.

Pereira de Homes, L., y Ziritt, G. (2007). Lo ético en las macropolíticas de la Universidad del Zulia. *Multiciencias, 7*(3), 329-337.

Pinto Aragón, E., Mendoza Cataño, C. y Villas Navas, A. R. (2021). Principios del liderazgo ético en directivos de la Universidad de La Guajira, Colombia. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, XXVII (4), 191-201.

Rangel Toloza, Z., Balbo de Sánchez, J., Avendaño Gelves, D. y Acosta Rivas, H. (2012). Ética, capital social y desarrollo en la Universidad Nacional Experimental del Táchira. *Opción, 28*(68), 273-286.

Rodríguez de Pinilla, M. T. (2017). Los inicios de la Institucionalización en Colombia para la formación de maestros. *Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (julio-septiembre 2017). https://www.eumed.net/rev/cccss/2017/03/institucionalizacion-colombia.html

Sáenz Zapata, O. (2014). *Panorama de la sustentabilidad en las universidades de América Latina y el Caribe*. Ponencia presentada en el IV Seminário Sustentabilidade na Universidade: desafios à ambientalização nas Instituições de Ensino Superior no Brasil.

Sáenz Zapata, O. (2020). Universidad y Medio Ambiente en América Latina y el Caribe. Continuidad y avances del proceso iniciado en el Seminario de Bogotá. *Revista Educación superior y sociedad*. *32*(2).

Sáenz Zapata, O., Plata Rangel, A. M., Holguín Aguirre, M. T., Mora Penagos, W. M., y Blanco Portela, N. (2017). Institucionalización del compromiso ambiental de las universidades colombianas. Civilizar. *Ciencias Sociales y Humanas*, *17*(33), 189–208. https://doi.org/10.22518/16578953.908

Sáenz Zapata, O., y Benayas, J. (2015). Ambiente y sustentabilidad en las instituciones de educación superior en América Latina y el Caribe. *Ambiens. Revista Iberoamericana Universitaria en Ambiente, Sociedad y Sustentabilidad*, *1*(2), 192–224. https://ariusa.net/ambiens

Safford, F. (1989). *El ideal de lo práctico, El desafío de formar una élite técnica y empresarial en Colombia*. En Empresa Editorial Universidad Nacional. El Ancora Editores. Bogotá 1989

Santamaría Álvarez, P. (1994). *Origen, desarrollo y realizaciones de la Escuela de Minas de Medellín* (2 tomos). Ediciones Diké.

Serna M., E. y Serna A., A. (2015). Crisis de la Ingeniería en Colombia – Estado de la cuestión. *Ingeniería y Competitividad*, *17*(1), 63-74.

Torrejano Vargas, R. H. (2012). La política pública educativa en Colombia en el marco del período radical 1848–1870. *Rhec 15*(15), año 2012, pp. 63-88

Torrejano Vargas, R. H. (2017). *Historia de la educación en Colombia: Un siglo de reformas (1762–1870)*. Fondo de Publicaciones Corporación Universitaria Republicana. ISBN 978-958-5447-03-5.

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales (UICN). (1980). *Estrategia mundial para la conservación. La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido*. Segunda Edición 1980. ISBN 2-88032-140-2

Universidad Nacional de Colombia. (1872). *Decreto Orgánico de la Universidad Nacional de Colombia*. https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=1868931

Universidad Nacional de Colombia. (1996). *Reseña histórica de la Universidad Nacional de Colombia: Sede Medellín*. Oficina de Planeación, Universidad Nacional de Colombia, Sede

Medellín. https://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/HistoriaUnalMed.pdf

Universidad Nacional de Colombia (1997). *Acuerdo 15 de 1997. Por el cual se crea el programa curricular de posgrado de Especialización en Gestión Ambiental, con énfasis en Proyectos Energéticos y se establece su correspondiente plan de estudios*. Consejo Académico Universidad Nacional de Colombia.

Universidad Nacional de Colombia. (1998). *Acuerdo 001 de 1998: por el cual se crea el programa curricular de posgrado Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, se aprueba su plan de estudios y se autorizan las áreas de investigación sobre las cuales se fundamenta el programa, en la Universidad Nacional de Colombia*. https://legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=36324

Universidad Nacional de Colombia. (1999). *Plan Global de Desarrollo Universidad Nacional de Colombia 1999–2003*. Universidad Nacional de Colombia. https://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/PlanGlobal1999-2003.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2001). *Acuerdo 10 de 2001 del Consejo Académico: por el cual se autoriza la apertura del programa curricular de posgrado Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo, como un Postgrado Interfacultades en la Facultad de Minas de la Sede de Medellín y se aprueba su Plan de Estudio*s. https://legal.unal.edu.co/rlunal/home/doc.jsp?d_i=36206

Universidad Nacional de Colombia (2007). *Informe Final del Plan de Acción de Sede 2004–2006*. https://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/PlanAccion2004-2006-InformeFinal.pdf

Universidad Nacional de Colombia (2010). *Plan de Acción de Sede 2010–2012*. https://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/PlanDeAccion2010-2012.pdf

Universidad Nacional de Colombia (2015). *Acuerdo 209 de 2015. Por el cual se adopta el Proyecto Educativo Institucional -PEI- de la Universidad Nacional de Colombia*. Acta 11 del 3 de noviembre. Consejo Superior Universitario.

Universidad Nacional de Colombia (2018). *Plan de Acción de Sede 2016–2018.* https://planeacion.medellin.unal.edu.co/images/documentos/pgd16_18/PlanDeAccion2016-2018.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2020*). Informe de Gestión Facultad de Minas 2020 - Sede Medellín.* https://minas.medellin.unal.edu.co/images/InformesGestion/Informe_de_Gestin_2020_ver2.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2021). *Informe de Gestión Facultad de Minas 202 - Sede Medellín.* https://minas.medellin.unal.edu.co/images/InformesGestion/Informe_de_gestin_2021.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2021). *PGD 2019–2021. Plan global de desarrollo Universidad Nacional de Colombia. Proyecto Cultural y Colectivo de la Nación.*

https://planeacion.bogota.unal.edu.co/docs/plan_global_de_desarrollo/Plan_Global_de_Desarrollo_2019-2021.pdf

Universidad Nacional de Colombia. (2021). *Plan estratégico Institucional Universidad Nacional de Colombia. El futuro lo construimos hoy. PLEI-2034. Versión 2.0.* https://plei2034.unal.edu.co/fileadmin/Documentos/2022.08.12_PLEI_2034_V2.0_CSU.pdf

Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Educación en Ingeniería. (2022). *Manifiesto "Ingeniería para la vida"*. https://minas.medellin.unal.edu.co/manifiesto-ingenieria-para-la-vida

Universidad Nacional de Colombia. (2024). *PGD 2022–2024. Plan global de desarrollo Universidad Nacional de Colombia. El futuro lo construimos hoy.* https://planeacion.unal.edu.co/fileadmin/user_upload/PlanGlobal2022-2024.pdf

Universidad Nacional de Colombia (2024). *Plan de Acción de Sede 2022–2024 El Futuro lo Construimos hoy*. https://medellin.unal.edu.co/images/institucional/documentos/Plan_de_Accin_2022-2024_V5.pdf

Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Minas. (sf). *Perfil Genérico de Egreso Facultad de Minas*. https://minas.medellin.unal.edu.co/perfil-generico-de-egreso-de-la-facultad-de-minas-2

Valencia Rodríguez, S., Rojas López, M. y Vera Aguirre, E. (2018). Revisión de Formación Ética en La Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. *En-Contexto*, *6*(9), 273-290.

Vargas Morales, M. A. (2014). La libertad de enseñanza en disputa. Colombia, 1848–1876. *Ariadna Histórica. Lenguajes, conceptos, metáforas*, *3*, 35–55. https://www.ehu.es/ojs/index.php/Ariadna/index

Villegas Botero, L. J. (2015). *La Facultad de Minas 1970-2012*. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/83091

Anexos

Anexo 1. Guía metodológica para el análisis de tesis doctorales

Para el análisis de contenido de las tesis doctorales, inicialmente se tomaron del repositorio de la Unal las tesis de doctorado del programa Doctorado en Ingeniería – Recursos Hidráulicos desde 1993 hasta 2023, también se recurrió al Centro de Documentación físico ubicado en el Bloque M-2 de la Facultad de Minas para tener acceso a algunas tesis que no estaban cargadas en el repositorio institucional.

Se realizó una base de datos cruzando los datos de los estudiantes egresados del programa con las tesis encontradas.

Teniendo el corpus organizado de cada tesis se procedió de forma manual a extraer las secciones relevantes: título, resumen, problema de investigación, justificación, objetivos de investigación, metodología y conclusiones. Estas secciones fueron sometidas al análisis de contenido.

Esta selección responde a dos consideraciones fundamentales:

1. Pertinencia para la observación de comunicaciones éticas: dichas secciones concentran las formulaciones clave que revelan el sentido de la investigación, sus motivaciones, los problemas que busca resolver, los fines que persigue y los criterios bajo los cuales valida sus resultados. Desde la perspectiva de la teoría de sistemas, estas secciones condensan las expectativas normativas y cognitivas que guían la investigación, lo que permite observar de manera más clara si y cómo se introducen comunicaciones éticas, particularmente aquellas vinculadas a la ética de la sustentabilidad.

2. Ampliación del análisis más allá del acto investigativo: el enfoque no se limitó a detectar referencias éticas en la conducta del investigador o en el cumplimiento de protocolos de investigación responsable, sino que buscó rastrear la presencia de consideraciones éticas en la selección del objeto de estudio y en la proyección social de la investigación. Esto incluyó identificar alusiones al cuidado del medio ambiente, la gestión sostenible del recurso hídrico, la protección de territorios, la mitigación de impactos socioambientales y la preservación de bienes comunes. En otras palabras, se trató de observar no solo la ética implícita en la investigación como práctica académica, sino la ética

inscrita en el contenido mismo del conocimiento producido y en su potencial de incidir en sistemas sociales más amplios.

De esta manera, la extracción de secciones no se reduce a un ejercicio de economía de tiempo, sino que constituye una decisión metodológica alineada con la lógica de observación sistémica: concentrarse en los puntos donde la comunicación se vuelve más explícita, donde las variaciones y selecciones de sentido son más visibles y donde las comunicaciones éticas tienen mayor probabilidad de ser tematizadas. Así, el análisis de contenido no solo capta la dimensión técnica de la investigación, sino que permite reconstruir la forma en que las expectativas sociales sobre sostenibilidad han sido traducidas y reestabilizadas en el ámbito académico de la Facultad de Minas.

Para el análisis de las tesis se diseñó una matriz de análisis en Excel.

Esta matriz de análisis permitió:

1. Realizar un análisis sistemático y profundo del contenido ético en las tesis.
2. Identificar patrones y tendencias temporales en el abordaje ético
3. Comparar diferentes enfoques y evoluciones en la ingeniería
4. Documentar tanto aspectos explícitos como implícitos del tratamiento ético.

La matriz cuenta con 8 factores, cada uno de estos responde a una pregunta específica y para su medición se diseñaron un total de 24 indicadores.

Es importante subrayar que las preguntas de la matriz no fueron diseñadas de manera arbitraria, sino que se elaboraron en coherencia con el marco conceptual de la ética de la sustentabilidad adoptado en esta investigación. Para ello se tomaron como referencias semánticas tres documentos fundamentales:

El Manifiesto por la vida: por una ética de la sustentabilidad (2002), producto del Simposio sobre Ética Ambiental y Desarrollo Sustentable realizado en Bogotá, que ofrece una definición amplia de la sustentabilidad como un compromiso ético con la vida en todas sus formas, el artículo *Ingeniería para la vida: un manifiesto desde la Universidad Nacional de Colombia* (2022), publicado por docentes de la Facultad de Minas, que propone repensar la ingeniería desde una

perspectiva de responsabilidad social y ambiental, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Y finalmente, el *Manifiesto de Ingeniería para la vida*, elaborado por el Instituto de Educación en Ingeniería (IEI) de la Facultad de Minas, que articula un horizonte de transformación para la Facultad poniendo en el centro la sostenibilidad como principio rector de la formación y la investigación.

La triangulación de estas tres fuentes permitió delimitar el campo semántico de lo sustentable en el contexto de la Facultad de Minas y derivar de allí las preguntas guía para el análisis. De esta manera, el instrumento quedó alineado con la hipótesis central de la tesis: que la evolución de las comunicaciones éticas en el sistema universitario puede rastrearse siguiendo el ingreso, la selección y la estabilización de discursos vinculados a la sustentabilidad.

Los indicadores fueron medidos en una escala de 0 a 3 siguiendo la siguiente estructura de codificación:

Nivel 0: ausencia

- No hay mención explícita ni implícita del indicador.
- Se registra como "0" en la matriz de análisis

Nivel 1: mención superficial

- Referencia breve o tangencial al indicador
- Sin desarrollo sustantivo
- Se registra como "1" en la matriz

Nivel 2: desarrollo moderado

- Discusión clara del indicador
- Desarrollo parcial o limitado
- Se registra como "2" en la matriz

Nivel 3: desarrollo Profundo

- Discusión detallada y fundamentada
- Integración con otros aspectos de la investigación

- Se registra como "3" en la matriz

La asociación de los Factores, preguntas e indicadores se puede ver en la tabla:

Factor	N° Pregunta	Pregunta	N° Indicador	Indicador
Identificación de Fundamentos Éticos	1	¿Qué principios éticos fundamentales se identifican explícitamente en la investigación y cómo se relacionan con el campo específico de la ingeniería abordado?	1	Mención clara de principios éticos
			2	Marco teórico ético utilizado
			3	Justificación de la relevancia ética de la investigación
Consideraciones sobre Impacto Social	2	¿Cómo aborda la investigación el impacto social y comunitario producido por la acción ingenieril?	4	Análisis de grupos de interés afectados
			5	Evaluación de impacto socioambiental
			6	Medidas de mitigación propuestas
Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental	3	¿De qué manera se integran las consideraciones ambientales, de sostenibilidad y sustentabilidad en el desarrollo de la investigación?	7	Evaluación de impacto ambiental
			8	Criterios de sostenibilidad o sustentabilidad aplicados
			9	Medidas de protección ambiental
Dilemas Éticos y Toma de Decisiones	4	¿Qué dilemas éticos específicos surgen durante el desarrollo de la investigación?	10	Identificación clara de dilemas
			11	Proceso de toma de decisiones éticas
			12	Justificación de decisiones tomadas
Responsabilidad Profesional	5	¿De qué manera se aborda la responsabilidad profesional del ingeniero en el contexto de la investigación?	13	Referencias a códigos de ética profesional
			14	Consideraciones sobre responsabilidad civil
			15	Medidas de gestión de riesgos

Factor	N° Pregunta	Pregunta	N° Indicador	Indicador
Tecnología y Valores Humanos	6	¿Cómo se relaciona el desarrollo tecnológico propuesto con los valores humanos y sociales fundamentales?	16	Consideración de valores culturales
			17	Impacto en los derechos humanos
			18	Accesibilidad y equidad
Innovación y Ética	7	¿Cómo se equilibran las demandas de innovación tecnológica con las consideraciones éticas?	19	Equilibrio entre eficiencia y ética
			20	Innovación responsable
			21	Evaluación de consecuencias futuras
Prospectiva Técnico-Ética	8	¿Qué consideraciones se hacen sobre las implicaciones futuras de las soluciones técnicas propuestas?	22	Análisis de escenarios futuros
			23	Previsión de impactos a largo plazo
			24	Consideración de efectos acumulativos

Guía Metodológica para el Análisis de Contenido Ético en Tesis Doctorales

Estructura de Codificación

A. Niveles de Medición para cada Indicador

Nivel 0: Ausencia

Nivel 1: Mención superficial

Nivel 2: Desarrollo moderado

Nivel 3: Desarrollo Profundo

B. Registro de Prueba Textual

Para cada indicador identificado, registrador:

- Cita textual relevante
- Número de página
- Contexto de la mención
- Observaciones analíticas

Procedimiento de Análisis

Fase 1: Análisis preliminar

1. Identificación de secciones relevantes

Fase 2: Codificación Detallada

1. lectura con aplicación de indicadores.
2. Para cada indicador:

- Identificador presencia/ausencia
- Asignar nivel (0-3)
- Extraer citas textuales relevantes
- Ubicación del registrador (número de página)
- Anotar observaciones preliminares

Fase 3: Análisis temporal

1. Organizar tesis cronológicamente
2. Identificar patrones de evolución:
3. Registrar cambios significativos en:

- Énfasis en diferentes aspectos éticos
- Profundidad del tratamiento
- Nuevas preocupaciones emergentes

Análisis Cualitativo Complementario

A. Categorización de Hallazgos

- Patrones recurrentes
- Temas emergentes
- Ausencias significativas
- Contradicciones o tensiones

B. Contextualización

- Relación con eventos históricos
- Cambios en normativas
- Avances tecnológicos relevantes
- Transformaciones sociales

Control de Calidad

A. Verificación de Consistencia

- Revisión cruzada de codificación
- Documentación de criterios de decisión
- Registro de casos dudosos

B. Validación

- Triangulación con otras fuentes
- Consulta con expertos cuando sea necesario
- Revisión de casos extremos o atípicos

Síntesis y Presentación

A. Análisis cuantitativo

- Frecuencias de niveles por indicador
- Tendencias temporales
- Comparaciones entre áreas

B. Análisis cualitativo

- Patrones narrativos
- Evolución conceptual
- Casos ejemplares

Para el análisis de las tesis se hizo uso de herramientas de inteligencia artificial, específicamente ChatGPT Pro (versión GPT-4) y Claude.ai (versión 4.1). En aras de estandarizar el proceso analítico se diseñaron dos archivos txt.

txt. 1: *Guía Metodológica para el Análisis de Contenido Ético en Tesis Doctorales* que contiene la instrucción metodológica para el análisis:

1. Estructura de codificación:

A. Niveles de Medición para cada Indicador

Nivel 0: Ausencia

- No hay mención explícita ni implícita del indicador
- Se registra como "0" en la matriz de análisis

Nivel 1: Mención Superficial

- Referencia breve o tangencial al indicador
- Sin desarrollo sustantivo
- Se registra como "1" en la matriz

Nivel 2: Desarrollo Moderado

- Discusión explícita del indicador
- Desarrollo parcial o limitado
- Se registra como "2" en la matriz

Nivel 3: Desarrollo Profundo

- Discusión detallada y fundamentada
- Integración con otros aspectos de la investigación
- Se registra como "3" en la matriz

B. Registro de Evidencia Textual

Para cada indicador identificado, registrar:

- Cita textual relevante
- Número de página
- Contexto de la mención
- Observaciones analíticas

2. Procedimiento de análisis

Fase 1: Preparación

1. Crear una matriz de registro en Excel o software similar con:

- Filas: Tesis analizadas
- Columnas: Indicadores
- Celdas adicionales para:
- Año de la tesis
- Área específica de ingeniería
- Institución
- Observaciones

Fase 2: Análisis Preliminar

1. Primera lectura general de cada tesis
2. Identificación de secciones relevantes:

- Marco teórico
- Metodología
- Discusión de resultados
- Conclusiones
- Consideraciones éticas específicas

Fase 3: Codificación Detallada

1. Segunda lectura con aplicación de indicadores
2. Para cada indicador:

- Identificar presencia/ausencia
- Asignar nivel (0-3)
- Extraer citas textuales relevantes
- Registrar ubicación (número de página)
- Anotar observaciones preliminares

Fase 4: Análisis Temporal

1. Organizar tesis cronológicamente
2. Identificar patrones de evolución:

- Por década
- Por área de ingeniería
- Por institución

3. Registrar cambios significativos en:

- Énfasis en diferentes aspectos éticos
- Profundidad de tratamiento
- Nuevas preocupaciones emergentes

3. Ejemplo de matriz de registro

ID Tesis	Año	Área	Indicador 1	Evidencia	Indicador 2	Evidencia	...
T001	2000	Civil	2	p.45: "..."	1	p.67: "..."	...
T002	2005	Elect.	3	p.23: "..."	0	N/A	...

4. Análisis cualitativo complementario

A. Categorización de Hallazgos

- Patrones recurrentes
- Temas emergentes
- Ausencias significativas
- Contradicciones o tensiones

B. Contextualización

- Relación con eventos históricos
- Cambios en normativas
- Avances tecnológicos relevantes
- Transformaciones sociales

5. Control de calidad

A. Verificación de Consistencia

- Revisión cruzada de codificación
- Documentación de criterios de decisión
- Registro de casos dudosos

B. Validación

- Triangulación con otras fuentes
- Consulta con expertos cuando sea necesario
- Revisión de casos extremos o atípicos

6. Síntesis y presentación

A. Análisis Cuantitativo

- Frecuencias de niveles por indicador
- Tendencias temporales
- Comparaciones entre áreas

B. Análisis Cualitativo

- Patrones narrativos
- Evolución conceptual
- Casos ejemplares

Txt. 2: *Prompt Estructurado para Análisis de Contenido* donde se da la instrucción a la herramienta computacional.

A partir de este momento, utilizaremos la metodología de análisis de contenido descrita en el archivo adjunto "Guía Metodológica". Aplicaremos esta metodología para analizar la tesis adjunta. (se adjunta documento de tesis)

Instrucciones Generales

Siguiendo la guía metodológica del proyecto, responde a cada uno de los indicadores cumpliendo los siguientes requisitos:

Para cada indicador:

1. Asignación de nivel: Indica claramente el nivel correspondiente según los criterios de la guía metodológica.

2. Evidencia:

- Proporciona citas textuales del documento analizado
- Incluye múltiples citas cuando sea posible
- Cada cita debe estar referenciada con el número de página del documento original
- Formato sugerido: "texto citado" (p. X)

3. Argumentación:

- Desarrolla un argumento riguroso que justifique el nivel asignado
- Establece la relación clara entre la evidencia presentada y el nivel otorgado
- Mantén rigor académico en la fundamentación

4. Comentario final integrador:

- Al concluir los tres indicadores, elabora un comentario que sintetice y relacione los resultados obtenidos en los tres indicadores evaluados

Indicadores a Evaluar (Primera Etapa)

1. Mención clara de principios éticos
2. Marco teórico ético utilizado
3. Justificación de la relevancia ética

El análisis de los indicadores se hizo en grupos de a tres para no saturar la herramienta y tener mayor rendimiento de esta, por ello la parte final del promt (Indicadores a Evaluar) se iba modificando según el grupo de indicadores a analizar.

La incorporación de inteligencia artificial se fundamenta en tres consideraciones metodológicas:

1. Estandarización del análisis: al emplear un promt único y bien definido, se evita la variabilidad que podría introducir el juicio subjetivo de un analista humano en lecturas múltiples. Esto asegura que cada tesis sea tratada con los mismos criterios y

preguntas, cumpliendo con el principio de comparabilidad exigido en la investigación cualitativa sistemática.

2. Eficiencia y exhaustividad: la IA permite procesar un volumen considerable de texto de manera rápida, sin sacrificar precisión. Esto resulta especialmente relevante en un corpus de tesis de gran extensión, donde la lectura manual podría ser susceptible de omisiones involuntarias o sesgos de atención.

3. Soporte interpretativo, no sustitución analítica: el uso de IA no reemplaza la interpretación sociológica ni la aplicación del marco teórico de Luhmann. Las salidas generadas por los modelos de lenguaje fueron siempre validadas manualmente por el investigador, quien contrastó y depuró los hallazgos en función del marco conceptual de la ética de la sustentabilidad. De este modo, la IA se utiliza como herramienta de apoyo para la extracción de patrones y no como agente autónomo de interpretación.

Desde una perspectiva epistemológica, esta estrategia metodológica responde a la necesidad de aumentar la confiabilidad y la auditabilidad del análisis de contenido. El registro del prompt y de la guía metodológica permite que otros investigadores puedan replicar el procedimiento, lo que aporta transparencia al proceso y fortalece la validez interna de los resultados. Además, el uso de dos sistemas de IA (ChatGPT y Claude) favorece la triangulación tecnológica, disminuyendo el riesgo de sesgos propios de un único modelo y enriqueciendo la robustez del análisis.