

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DE PATENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER: ÁREA BIOTECNOLOGÍA**

MAURICIO CHACÓN DURÁN 1982688
LARRY ORELLANO REALES 2010883

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2009

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y DE PATENTES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DE INVESTIGACIÓN EN LA UNIVERSIDAD
INDUSTRIAL DE SANTANDER: ÁREA BIOTECNOLOGÍA**

MAURICIO CHACÓN DURÁN 1982688
LARRY ORELLANO REALES 2010883

Trabajo de investigación en modalidad “Tesis de Grado” presentado como
requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial

Director:
PIEDAD ARENAS DÍAZ
Ing. Industrial

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2009

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	I
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	3
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Objetivo General	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 ALCANCE DEL TRABAJO	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA	6
2.2 PROSPECTIVA	7
2.2.1 Prospectiva Tecnológica	7
2.2.1.1 Definición	7
2.2.1.2 Funciones de la Prospectiva Tecnológica	7
2.2.1.3 Herramientas para realizar Prospectiva Tecnológica	8
2.2.2 Prospectiva Estratégica	9
2.2.2.1 Definición	9
2.2.2.2 Análisis Estructural	9
3. ESTADO DEL ARTE DE LA BIOTECNOLOGÍA	II
3.1 DEFINICIÓN DE BIOTECNOLOGÍA	II
3.2 ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN	12

3.3 SECTORES DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA	12
3.3.1 Sector Agropecuario	13
3.3.1.1 Cultivos transgénicos	13
3.3.1.2 Clonación de animales	14
3.3.1.3 Biotecnología vegetal	15
3.3.1.4 Biotecnología animal	17
3.3.1.5 Biotecnología en la agricultura	17
3.3.1.6 Biotecnología de los alimentos	18
3.3.2 Sector Salud Humana	19
3.3.2.1 Genómica e Ingeniería Genética	19
3.3.2.2 Proteómica	21
3.3.2.3 Biotecnología para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades	23
3.3.3 Sector Ambiental	27
3.3.3.1 Biodiversidad	28
3.3.3.2 Biorremediación	29
3.3.3.3 Biodegradación	29
3.3.4 Aplicaciones Industriales	30
3.3.4.1 Biotecnología energética	31
3.3.4.2 Biotecnología de los hongos	31
3.3.4.3 Tecnología Enzimática	32
3.3.5 Otros sectores con aplicaciones biotecnológicas	34
3.3.5.1 Biotecnología de los microorganismos	34
3.3.5.2 Biomateriales	36
3.3.5.3 Producción de Compuestos Químicos	36
3.4 TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE LA BIOTECNOLOGÍA	37
3.4.1 Cultivo de tejidos <i>in vitro</i>	38
3.4.2 Tecnología del ADN recombinante	38
3.4.3 Reacción en Cadena de Polimerasa	39
3.4.4 Espectrometría de masas	39
3.4.5 Cristalografía	40
3.4.6 Nanotecnología	40
3.4.7 Cromatografía	42
3.4.8 Bioinformática	43

3.4.9 Espectroscopia	44
3.4.10 Biosensores	44
3.4.11 Citometría de flujo	45
3.4.12 Fermentación	45
3.4.13 Embriogénesis Somática	46
3.5 LA BIOTECNOLOGÍA A NIVEL INTERNACIONAL	47
3.5.1 Mercado internacional de la Biotecnología	47
3.5.2 La Biotecnología en los países industrializados	48
3.5.3 La Biotecnología en Latinoamérica	49
3.6 LA BIOTECNOLOGÍA EN COLOMBIA	50
3.6.1 Política en Biotecnología	51
3.6.2 Potencial de la Biotecnología para Colombia	53
4. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA PASANTÍA	55
4.1 PROSPECTIVA TECNOLÓGICA	55
4.1.1 Análisis de Capacidades Nacionales	55
4.1.1.1 Grupos de Investigación	55
4.1.1.2 Oferta Educativa	56
4.1.2 Análisis de Publicaciones	58
4.1.2.1 Análisis de publicaciones internacionales	58
4.1.2.2 Análisis de publicaciones nacionales	61
4.1.2.3 Análisis de publicaciones UIS	63
4.1.3 Análisis de patentes	64
4.2 PROSPECTIVA ESTRATÉGICA	69
5. CAPACIDADES NACIONALES	72
5.1 INVESTIGACIÓN	72
5.1.1 Grupos de Investigación	72

5.1.2 Dinámica Evolutiva de Creación de Grupos de Investigación	75
5.1.3 Cobertura Nacional	76
5.1.4 Sectores de Aplicación de los grupos nacionales	78
5.1.5 Masa Crítica	79
5.1.6 Producción científica de los grupos nacionales en biotecnología	79
5.1.7 Alianzas	80
5.1.7.1 Instituciones de los Grupos en Biotecnología y sus alianzas	80
5.1.7.2 Principales sectores de aplicación de las alianzas	81
5.1.8 Grupos de investigación de la UIS y sus sectores de aplicación	82
5.1.9 Investigadores de la Universidad Industrial de Santander	83
5.2 OFERTA EDUCATIVA	84
5.2.1 Búsqueda preliminar	84
5.2.1.1 Cobertura Nacional de los Programas de Formación en Biotecnología	85
5.2.1.2 Programas de Formación en Biotecnología	86
5.2.2 Búsqueda exhaustiva	86
5.2.2.1 Cobertura Nacional de los Programas de Formación	87
5.2.2.2 Áreas temáticas de los programas de formación	88
5.2.2.3 Programas de formación de Instituciones Universitarias y Universidades	91
5.2.2.4 Programas de Formación de la Universidad Industrial de Santander	91
6. ANÁLISIS DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES	94
6.1 BÚSQUEDA PRELIMINAR	94
6.1.1 Países con mayor número de Artículos sobre Biotecnología	94
6.1.2 Lenguaje original de la Publicación	95
6.1.3 Dinámica de publicación de artículos sobre Biotecnología	95
6.2 BÚSQUEDA AVANZADA	95
6.2.1 Dinámica de Publicaciones	95
6.2.2 Países con mayor número de Publicaciones	95
6.2.3 Revistas con mayor número de Publicaciones	96
6.2.4 Comparación de Colombia con los Países líderes	97

6.2.5 Análisis de Autores	99
6.2.6 Análisis de Instituciones	100
6.2.6.1 Redes entre Instituciones	102
6.2.6.2 Redes entre Instituciones y Autores	103
6.2.7 Temáticas	103
6.2.7.1 Genética	104
6.2.7.2 Proteómica	106
6.2.7.3 Tecnología enzimática	107
6.2.7.4 Medicina	110
6.2.7.5 Química	114
6.2.7.6 Microorganismos	116
6.2.7.7 Biología Celular	117
6.2.7.8 Tecnologías	118
6.2.7.9 Técnicas usadas en la Biotecnología	120
6.2.7.10 Seres vivos de mayor frecuencia	120
6.2.7.11 Biotecnología de los Hongos	123
6.2.7.12 Biología del desarrollo	124
6.2.7.13 Ciencia	125
6.2.7.14 Biotecnología vegetal	125
6.2.7.15 Biotecnología de los alimentos	127
6.2.7.16 Industria	127
6.2.7.17 Biotecnología ambiental	129
6.2.7.18 Biotecnología animal	130
6.2.7.19 Virus	132
6.2.7.20 Fermentación	133
6.2.7.21 Opinión pública	133
6.2.7.22 Agricultura	134
6.2.7.23 Materiales	134
7. ANÁLISIS DE PUBLICACIONES NACIONALES	136
7.1 DINÁMICA DE PUBLICACIONES	136
7.2 TIPO DE DOCUMENTO	136
7.3 IDIOMA PRIORITARIO DE PUBLICACIÓN	137
7.4 INSTITUCIONES CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES	137
7.5 REVISTAS CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES	138

7.6 ANÁLISIS DE AUTORES	138
7.7 ÁREAS TEMÁTICAS DE LAS PUBLICACIONES NACIONALES	139
7.7.1 Comportamiento de las frecuencias de aparición de las áreas	140
7.7.2 Medicina	140
7.7.3 Bioquímica, Genética y Biología Molecular	141
7.7.4 Inmunología y Microbiología	141
7.7.5 Ciencias agrícolas y biológicas	142
7.7.6 Veterinaria	142
7.7.7 Ciencias del medio ambiente	144
7.7.8 Ingeniería química	144
7.7.9 Farmacología, Toxicología y Farmacéutica	145
7.7.10 Otras áreas	145
8. ANÁLISIS DE LAS PUBLICACIONES UIS	147
8.1 DINÁMICA DE PUBLICACIONES UIS	147
8.2 INVESTIGADORES DE LA UIS CON PUBLICACIONES RELATIVAS A LA BIOTECNOLOGÍA	148
8.3 COLABORACIONES ENTRE LOS INVESTIGADORES DE LA UIS	148
8.4 TEMÁTICAS DE LAS PUBLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS DE LA UIS	149
9. ANÁLISIS DE PATENTES	151
9.1 DEFINICIÓN DE PATENTE	151
9.1.1 Tipos de patentes	152
9.1.2 Invenciones patentables	152
9.1.3 Patentes Biotecnológicas	153
9.1.4 Las patentes de organismos	154
9.2 ANÁLISIS DE PATENTES EN BIOTECNOLOGÍA DE LA OECD	155

9.3 BÚSQUEDA DE PATENTES EN BIOTECNOLOGÍA	155
9.3.1 Número de familias y Número de patentes por código IPC	156
9.3.2 Fecha de prioridad y fecha de publicación	157
9.3.3 Inventores de patentes	158
9.3.4 Titulares de patentes	160
9.3.5 Países de los titulares e inventores de patentes	161
9.3.5.1 Líderes mundiales	162
9.3.5.2 Países latinoamericanos	163
9.3.6 Patentes biotecnológicas colombianas	165
10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	168
10.1 LISTADO DE VARIABLES	168
10.2 DESCRIPCIÓN DE RELACIONES ENTRE VARIABLES	169
10.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CLAVE	171
10.4 VARIABLES ESTRATÉGICAS	176
11. PROPUESTA DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	181
12. CONCLUSIONES	187
13. RECOMENDACIONES	196
BIBLIOGRAFÍA	197
ANEXOS	212

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Componentes del código IPC	67
Figura 2. Pertenencia de los Grupos a los PNCyT	73
Figura 3. Estatus de los grupos de investigación nacionales	73
Figura 4. Grupos de investigación en biotecnología de la UIS	74
Figura 5. Estatus de los Grupos de Investigación UIS	74
Figura 6. Dinámica de creación de los grupos en Biotecnología	76
Figura 7. Distribución Geográfica de los Grupos de Investigación	77
Figura 8. Instituciones de los grupos colombianos en Biotecnología	78
Figura 9. Masa crítica nacional	79
Figura 10. Instituciones líderes por su número de alianzas	81
Figura 11. Porcentaje Pregrado - Postgrado de los Programas en Biotecnología	84
Figura 12. Niveles de Formación de los Programas en Biotecnología	85
Figura 13. Distribución de los programas en Biotecnología en Colombia	85
Figura 14. Niveles de formación (pregrado y postgrado)	87
Figura 15. Niveles de formación para postgrado	87
Figura 16. Cobertura Nacional (Búsqueda exhaustiva)	88
Figura 17. Programas de formación nacionales	88
Figura 18. Áreas temáticas de los programas de pregrado nacionales	89
Figura 19. Áreas temáticas de las especializaciones nacionales	89
Figura 20. Áreas temáticas de las maestrías nacionales	90
Figura 21. Áreas temáticas de los doctorados nacionales	90
Figura 22. Dinámica de Publicaciones Internacionales	96
Figura 23. Dinámica de las Publicaciones Colombianas	98
Figura 24. Enfermedades más estudiadas	III

Figura 25. Palabras clave relacionadas con el cáncer	112
Figura 26. Palabras clave asociadas a las drogas	112
Figura 27. Ácidos de mayor frecuencia	115
Figura 28. Temáticas relacionadas con los carbohidratos	115
Figura 29. Dinámica de las Publicaciones Nacionales	136
Figura 30. Dinámica de las publicaciones de la UIS	147
Figura 31. Plano de influencias/dependencias directas	175
Figura 32. Plano de influencias indirectas potenciales	176

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Logro de los objetivos del proyecto	4
Tabla 2. Declaración de Búsqueda Preliminar	59
Tabla 3. Ecuación de Búsqueda para Publicaciones Internacionales	60
Tabla 4. Ecuación de Búsqueda para Publicaciones Nacionales	62
Tabla 5. Matriz de relaciones directas	70
Tabla 6. Categoría de los grupos UIS	75
Tabla 7. Producción de los grupos biotecnológicos nacionales	80
Tabla 8. Promedios por nivel de formación del Investigador-Nacional	83
Tabla 9. Promedios por nivel de formación de los investigadores-UIS	83
Tabla 10. Frecuencias de los organismos más encontrados	121
Tabla 11. Áreas Generales principales con mayor número de publicaciones	139
Tabla 12. Descripción de los códigos con la mayor cantidad de familias	156
Tabla 13. Descripción de los códigos con las menores frecuencias	156
Tabla 14. Países líderes en patentes concedidas	162
Tabla 15. Códigos liderados por China y Japón	163
Tabla 16. Países latinoamericanos con patentes biotecnológicas	164
Tabla 17. Descripción de los códigos de las patentes colombianas	166
Tabla 18. Listado de expertos para revisión y escogencia de las variables finales utilizadas en el MICMAC	169
Tabla 19. Variables finales	170
Tabla 20. Listado de expertos internos para diligenciamiento de la Matriz	171
Tabla 21. Listado de expertos externos para diligenciamiento de la Matriz	171
Tabla 22. Clasificación de las variables	177

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Línea del tiempo de la Biotecnología	212
Anexo 2. Aplicaciones biotecnológicas de los hongos	224
Anexo 3. Principales enzimas obtenidas de hongos	224
Anexo 4. Metodología de búsqueda	225
Anexo 5. Tipos de documentos de la base SCOPUS	226
Anexo 6. Grupos UIS asociados a la Biotecnología	227
Anexo 7. Sectores de aplicación de los grupos nacionales	229
Anexo 8. Productos de los grupos biotecnológicos nacionales	230
Anexo 9. Sectores de aplicación de las alianzas	231
Anexo 10. Sectores de aplicación de los grupos UIS	232
Anexo 11. Programas de Pregrado en Biotecnología (Búsqueda preliminar)	233
Anexo 12. Programas de Postgrado en Biotecnología (Búsqueda preliminar)	233
Anexo 13. Departamentos colombianos con programas de formación en Biotecnología	234
Anexo 14. Instituciones con programas de formación en Biotecnología	235
Anexo 15. Programas de formación: UIS Vs. Nacional	236
Anexo 16. Pregrado Vs. Postgrados en la UIS	237
Anexo 17. Pregrado UIS Vs. Pregrado nacional	238
Anexo 18. Postgrado UIS Vs. Postgrado nacional	239
Anexo 19. Especialización UIS Vs. Especialización nacional	240
Anexo 20. Maestrías y doctorados: UIS Vs. Nacional	241
Anexo 21. Programas de la UIS asociados a la Biotecnología	242
Anexo 22. Top 10 de los Países con mayor número de artículos sobre Biotecnología (Búsqueda preliminar)	243

Anexo 23. Lenguaje original de publicación del Artículo	243
Anexo 24. Dinámica de publicaciones internacionales sobre Biotecnología (Búsqueda Preliminar)	244
Anexo 25. Países con más de 100 Publicaciones (Búsqueda Avanzada)	244
Anexo 26. Revistas con más de 30 Publicaciones	245
Anexo 27. USA: Revistas con más de 30 Publicaciones	246
Anexo 28. Alemania: Revistas con más de 30 Publicaciones	247
Anexo 29. Brasil: Revistas con más de 20 Publicaciones	248
Anexo 30. Colombia: Fuentes de Publicación	249
Anexo 31. Autores con más de 8 Publicaciones	250
Anexo 32. Instituciones Líderes en Publicaciones	251
Anexo 33. Red entre las Instituciones Líderes en Publicaciones	252
Anexo 34. Redes entre Instituciones con más de tres colaboraciones	253
Anexo 35. Red entre Instituciones líderes y Autores líderes	254
Anexo 36. Temáticas generales en la Biotecnología	255
Anexo 37. Palabras clave relativas a la Genética	256
Anexo 38. Palabras clave relativas a la Proteómica	258
Anexo 39. Frecuencias de las temáticas de la Genética a través de los años	259
Anexo 40. Palabras clave relativas a la Tecnología Enzimática	260
Anexo 41. Frecuencias de las temáticas de la Tecnología Enzimática a través de los años	262
Anexo 42. Palabras clave relativas a la Medicina	263
Anexo 43. Frecuencias de las temáticas de la Medicina a través de los años	266
Anexo 44. Frecuencias de las enfermedades a través de los años	267
Anexo 45. Palabras clave relativas a la Química	268
Anexo 46. Palabras clave relativas a los Microorganismos	270
Anexo 47. Frecuencias de los Microorganismos a través de los años	271
Anexo 48. Palabras clave relativas a la Biología Celular	272

Anexo 49. Palabras clave relativas a las Tecnologías	273
Anexo 50. Frecuencias de las temáticas de la Tecnología a través de los años	275
Anexo 51. Frecuencias de las temáticas de las Técnicas a través de los años	275
Anexo 52. Palabras clave relativas a las Técnicas	276
Anexo 53. Relación de la escherichia-coli con otras áreas	277
Anexo 54. Relación de la saccharomyces-cerevisiae con otras temáticas	278
Anexo 55. Relación de la arabidopsis-thaliana con otras áreas	279
Anexo 56. Relaciones de los hongos con otras áreas	280
Anexo 57. Palabras clave relativas a los Hongos	281
Anexo 58. Palabras clave relativas a la Biología del Desarrollo	282
Anexo 59. Frecuencias de la Biología del Desarrollo a través de los años	282
Anexo 60. Palabras clave relativas a la Ciencia	283
Anexo 61. Frecuencias de las palabras clave relativas a la Ciencia a través de los años	283
Anexo 62. Palabras clave relativas a la Biotecnología Vegetal	284
Anexo 63. Frecuencias de la Biotecnología Vegetal a través de los años	285
Anexo 64. Frecuencias de las especies de plantas a través de los años	285
Anexo 65. Palabras clave relativas a los Alimentos	286
Anexo 66. Frecuencias de las temáticas de los Alimentos a través de los años	286
Anexo 67. Palabras clave relativas a la Industria	287
Anexo 68. Frecuencias de las temáticas de la Industria a través de los años	287
Anexo 69. Palabras clave relativas al Cuidado del Medio Ambiente	288
Anexo 70. Frecuencias de las palabras clave del Cuidado del Medio Ambiente a través de los años	288
Anexo 71. Palabras clave relativas a la Biotecnología Animal	289
Anexo 72. Frecuencias de las temáticas de la Biotecnología Animal a través de los años	290
Anexo 73. Palabras clave relativas a los Virus	290

Anexo 74. Frecuencias de las palabras clave de los Virus a través de los años	291
Anexo 75. Relación de los virus con otras áreas	291
Anexo 76. Palabras clave relativas a la Fermentación	292
Anexo 77. Palabras clave de la Fermentación a través de los años	292
Anexo 78. Palabras clave relativas a la Opinión Pública	292
Anexo 79. Frecuencias de las palabras clave de la Opinión Pública a través de los años	293
Anexo 80. Palabras clave relativas a la Agricultura	293
Anexo 81. Palabras clave asociadas a los materiales	294
Anexo 82. Número de Publicaciones por tipo de documento	295
Anexo 83. Idioma prioritario de las Publicaciones Nacionales	295
Anexo 84. Instituciones con mayor número de publicaciones con afiliación colombiana	296
Anexo 85. Revistas con mayor número de publicaciones colombianas	297
Anexo 86. Autores con mayor número de publicaciones asociadas a Colombia	298
Anexo 87. Comportamientos de las áreas temáticas por año	299
Anexo 88. Principales Temáticas de la Medicina	300
Anexo 89. Palabras clave de la Medicina	301
Anexo 90. Principales Temáticas asociadas a las áreas de Bioquímica, Genética y Biología Molecular	302
Anexo 91. Palabras clave de Bioquímica, Genética y Biología Molecular	303
Anexo 92. Principales Temáticas de Inmunología y Microbiología	304
Anexo 93. Palabras clave de Inmunología y microbiología	305
Anexo 94. Principales Temáticas de Ciencias agrícolas y biológicas	306
Anexo 95. Palabras clave de Ciencias agrícolas y biológicas	307
Anexo 96. Principales Temáticas de Veterinaria	308
Anexo 97. Palabras clave de Veterinaria	309
Anexo 98. Principales Temáticas de Ciencias del medio ambiente	310

Anexo 99. Palabras clave de Ciencias del medio ambiente	311
Anexo 100. Principales Temáticas de Ingeniería Química	312
Anexo 101. Palabras clave de Ingeniería Química	313
Anexo 102. Principales Temáticas de las áreas: Farmacología, Toxicología y Farmacéutica	314
Anexo 103. Palabras clave de Farmacología, Toxicología y Farmacéutica	315
Anexo 104. Principales Temáticas de Odontología	316
Anexo 105. Palabras clave de Odontología	317
Anexo 106. Principales Temáticas de Ciencias sociales	318
Anexo 107. Palabras clave de Ciencias sociales	319
Anexo 108. Investigadores de la UIS con publicaciones biotecnológicas	320
Anexo 109. Colaboraciones entre los Investigadores de la UIS	322
Anexo 110. Temáticas de las publicaciones biotecnológicas UIS	322
Anexo 111. Definición de patentes en biotecnología de la OECD	323
Anexo 112. Número de patentes y familias por cada código IPC	326
Anexo 113. Gráfico de las frecuencias de familias y patentes	327
Anexo 114. Número de familias de cada código IPC por año	328
Anexo 115. Inventores con el mayor número de familias	336
Anexo 116. Inventores destacados pertenecientes a GENENTECH INC	344
Anexo 117. Inventores destacados de BAYER HEALTHCARE	344
Anexo 118. Titulares de patentes con el mayor número de familias	345
Anexo 119. Estadísticas de la Universidad de California	355
Anexo 120. Estadísticas de GENENTECH INC	355
Anexo 121. Estadísticas de BAYER HEALTHCARE AG	356
Anexo 122. Estadísticas de HOFFMANN LA ROCHE	356
Anexo 123. Países de los titulares con mayor número de familias	357
Anexo 124. Países de los Inventores con mayor número de familias	367
Anexo 125. Países líderes mundiales de los inventores	377

Anexo 126. Países líderes mundiales de los titulares	379
Anexo 127. País de los inventores latinoamericanos	381
Anexo 128. País de los titulares latinoamericanos	383
Anexo 129. Patentes colombianas en Biotecnología	385
Anexo 130. Variables utilizadas para realizar el Análisis Estructural	386
Anexo 131. Informe MICMAC	392

RESUMEN

TITULO: Análisis estructural y de patentes para la identificación de programas estratégicos de investigación para la universidad industrial de Santander: Área Biotecnología.¹

AUTORES: CHACÓN DURÁN, Mauricio²
ORELLANO REALES, Larry³

PALABRAS CLAVE: Vigilancia tecnológica, Prospectiva tecnológica, Prospectiva estratégica, Análisis estructural, Biotecnología.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se centra en como desarrollar mayor investigación en biotecnología para la Universidad Industrial de Santander (UIS), y las herramientas utilizadas corresponden a las pertenecientes a la vigilancia y prospectiva tecnológica así como a la prospectiva estratégica.

Con el fin de obtener una visión general de la biotecnología, los contextos mundial, nacional y regional fueron explorados y analizados a través de los análisis de publicaciones y patentes, y también una búsqueda en los grupos de investigación y en los programas de formación a nivel nacional. El análisis de publicaciones utilizó bases de datos en Internet tales como la ISI Web of Knowledge y Scopus, para saber los temas principales sobre los cuales estaban trabajando los científicos a nivel mundial. El análisis de patentes se concentró en los intereses de la industria, y la forma como el conocimiento en biotecnología se usa. Las bases de datos usadas para esta tarea fueron las de la Organización de Patentes y Marcas de Estados Unidos⁴ y la Oficina Europea de Patentes⁵. La información acerca de los grupos de investigación y los programas de formación a nivel nacional fue hallada en línea a través de bases de datos gubernamentales, como resultado fue posible conocer los temas principales para los investigadores y la forma como la educación respalda el desarrollo de la biotecnología. Como una tarea adicional se realizó un análisis estructural con el propósito de determinar las variables clave que de alguna manera afectan el progreso de la biotecnología para la Universidad.

Como producto de este proyecto, una propuesta concerniente a las líneas de investigación potenciales fue sugerida a la UIS, con el propósito de impulsar el desarrollo y la investigación en biotecnología para la universidad y la región.

¹ Trabajo de Grado

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Piedad Arenas Díaz.

³ Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Piedad Arenas Díaz.

⁴ USPTO: United States Patent and Trademark Organization

⁵ EPO: European Patent Office

ABSTRACT

TITLE: Structural and Patent Analysis to identify strategic research fields at the Universidad Industrial de Santander (Santander Industrial University): Biotechnology.⁶

AUTHORS: CHACÓN DURÁN, Mauricio⁷
ORELLANO REALES, Larry⁸

KEY WORDS: Technology watch, Technology foresight, Strategy foresight, Structural analysis, Biotechnology.

DESCRIPTION:

The technological universe is always changing, what seems to be promising now days might become obsolete overnight. That's why organizations dedicated to technology research and development must have the required tools so they can monitor and take action when it comes down to making the right decisions and forging their own future. This project focuses on how to develop stronger Biotechnology research at the Colombian university Universidad Industrial de Santander (UIS), and the tools used were the ones belonging to technology watch and foresight as well as strategy foresight.

In order to have an overall view of biotechnology, the worldwide context as well as the national and local situations, were explored and analyzed through publication and patent analysis and all the information concerning Colombian research groups and education programs. The publication analysis concerned the use of internet data bases like ISI Web of Knowledge and Scopus, so as to know the main topics scientists all over the world were working on at the moment. The patent analysis brought into consideration what industry was interested in, and how biotechnology knowledge was put to use. The United States patent and trademark organization (USPTO) and the European patent office (EPO) were the online data bases used for this task. Colombian research groups and education programs were looked up on online government data bases, and as a result it was possible to know the main topics for researchers and how education was supporting biotechnology development. An additional task referring structural analysis was done to determine the key variables that somehow influence the progress in biotechnology for the university.

As a product of this project a proposal concerning potential research lines was suggested to UIS, in order to help biotechnology research and development for this university and the region it belongs to.

⁶ Undergraduate thesis

⁷ Faculty of Physical-Mechanical Engineerings. School of Industrial and Business Studies. Director: Piedad Arenas Díaz.

⁸ Faculty of Physical-Mechanical Engineerings. School of Industrial and Business Studies. Director: Piedad Arenas Díaz.

INTRODUCCIÓN

El mundo tecnológico se encuentra en constante cambio. Lo que parece ser novedoso y prometedor hoy en día, puede quedar obsoleto rápidamente y crear pérdidas importantes de los recursos de investigación que poseen las organizaciones dedicadas al desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. Es por esto que los actores del panorama científico que quieran mantenerse actualizados, deben disponer de métodos y herramientas que les permitan monitorear los rápidos cambios que se producen, y así poder “anticiparse” al futuro para tomar las decisiones adecuadas, y modelar o corregir su camino.

El área sobre la cual se centra este trabajo es la Biotecnología, y los métodos y herramientas corresponden a la vigilancia y prospectiva tecnológica, y prospectiva estratégica.

La primera parte de este escrito está dedicada a las especificaciones del proyecto. A continuación se muestra el marco teórico que corresponde a la presentación de los principales conceptos asociados a la prospectiva y vigilancia tecnológica, y prospectiva estratégica. El capítulo 3, Estado del Arte, constituye el producto de la recopilación y síntesis bibliográfica realizada para conocer la biotecnología en su contexto internacional y nacional, así como la clasificación del área según sus aplicaciones.

La sección, Desarrollo Metodológico, hace referencia a los detalles propios de la pasantía de investigación que surgen como consecuencia de la aplicación de la teoría a la práctica; sirve como exégesis de la conformación del documento y la forma como fue organizado.

Con el objetivo de ilustrar el panorama nacional en investigación se introduce el capítulo 5, Capacidades Nacionales, que está constituido por dos partes: una

consagrada a los grupos de investigación vinculados a la biotecnología, usando como referencia el Programa Nacional de Biotecnología; y otra que se centra en los programas de formación que soportan el conocimiento en el área.

Los capítulos Análisis de Publicaciones Internacionales, Análisis de Publicaciones Nacionales y Análisis de Publicaciones UIS, atañen a los resultados de las búsquedas realizadas en bases de datos, con el propósito de establecer comportamientos en las temáticas asociadas al área en los diferentes contextos (nacional, internacional y UIS).

La propiedad intelectual, comúnmente en la forma de patentes, es el activo más importante que una Empresa Biotecnológica puede tener. En este escrito se presenta una sección completa dedicada al Análisis de Patentes para el área que pretende introducir el enfoque empresarial necesario para una visión más clara de la biotecnología.

Bajo el título de Análisis Estructural se presentan los resultados obtenidos a partir del uso del software MICMAC, aplicado a la identificación de las variables clave relativas al desarrollo de la biotecnología en la Universidad Industrial de Santander.

El apartado, Propuesta de Líneas de Investigación, corresponde a la sinergia de todos los capítulos anteriores y del trabajo con los expertos, condensados en un producto concreto: una propuesta de líneas de investigación sugeridas a la UIS para la inversión eficiente de sus recursos investigativos.

Con la única pretensión de contribuir al desarrollo científico y tecnológico de la Universidad Industrial de Santander y en consecuencia de la región, se presenta este trabajo para la consideración de todos los interesados en la promoción de la biotecnología, como área estratégica para el presente y sobre todo el futuro de la investigación y la industria.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo General

Realizar el análisis estructural y de patentes para la identificación de programas estratégicos de investigación en la Universidad Industrial de Santander en el área de Biotecnología, como parte del macroproyecto "Identificación de programas estratégicos de investigación de la Universidad Industrial de Santander"

1.1.2 Objetivos Específicos

- Establecer el estado del arte del área de la Biotecnología a través de una investigación exploratoria y descriptiva, y consulta a expertos.
- Establecer las tendencias de la Biotecnología en Santander, Colombia y el mundo mediante un análisis de patentes y un análisis de capacidad a nivel nacional y de la universidad.
- Identificar las variables relevantes en el área de la Biotecnología por medio de la herramienta MicMac (Matriz de Impactos Cruzados)
- Construir una propuesta de líneas estratégicas específicas del área de estudio (Biotecnología), donde se enuncien los recursos y herramientas básicas necesarias para llevarlas a cabo.

En la Tabla 1 se encuentra el Logro de Objetivos del proyecto. En dicha tabla se puede observar en qué sección específica del proyecto se logran cada uno de los objetivos específicos.

Tabla 1. Logro de los objetivos del proyecto

Objetivos Específicos	Sección del proyecto en que se consigue el objetivo
Establecer el estado del arte del área de la Biotecnología a través de una investigación exploratoria, descriptiva y consulta a expertos.	Capítulo 3: ESTADO DEL ARTE DE LA BIOTECNOLOGÍA Capítulo 6: ANÁLISIS DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES Capítulo 7: ANÁLISIS DE PUBLICACIONES NACIONALES Capítulo 8: ANÁLISIS DE PUBLICACIONES UIS
Establecer las tendencias de la Biotecnología en Santander, Colombia y el mundo mediante un análisis de patentes y un análisis de capacidad a nivel nacional y de la universidad.	Capítulo 5: CAPACIDADES NACIONALES Capítulo 9: ANÁLISIS DE PATENTES
Identificar las variables relevantes en el área de la Biotecnología por medio de la herramienta MicMac (Matriz de Impactos Cruzados)	Capítulo 10: ANÁLISIS ESTRUCTURAL
Construir una propuesta de líneas estratégicas específicas del área de estudio (Biotecnología), donde se enuncien los recursos y herramientas básicas necesarias para llevarlas a cabo.	Capítulo 11: PROPUESTA DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Fuente: Propia.

1.2 ALCANCE DEL TRABAJO

Realizar un análisis prospectivo de las ramas de la Biotecnología, por medio de los métodos de Análisis Estructural y de Patentes, con el propósito de identificar las áreas esenciales sobre las cuales la Universidad Industrial de Santander debe centrar su atención en vista de su relevancia para el futuro desarrollo científico e industrial de la región. Este análisis debe incluir los recursos disponibles y necesarios para que la Alma Mater pueda desarrollar los procesos de investigación sobre los temas clave que surjan como resultado.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es un país que cuenta con un amplio patrimonio en biodiversidad y recursos genéticos que podrían ser utilizados en las diversas oportunidades que ofrece la biotecnología moderna. Han ocurrido avances en cuanto a la conformación de grupos de investigación en este campo, que hacen énfasis en la

agricultura y la salud. En el entorno empresarial también se encuentran hechos destacados en procesos de innovación biotecnológica, en algunos sectores como el de la industria alimenticia, la industria de las flores y la fabricación de vacunas. Además, el país cuenta con un marco legal aceptable para proporcionar una seguridad adecuada a las inversiones, por medio de los derechos de propiedad intelectual, acceso a recursos genéticos y la bioseguridad⁹.

La creciente importancia de la biotecnología en el mundo plantea un reto para los países, las universidades y sus grupos de investigación. En el caso de Colombia, que presenta un evidente rezago en esta área, es importante que las instituciones de educación superior lideren el proceso de inserción de las técnicas biotecnológicas en la investigación y en la industria nacional. Pero para darle forma a este proceso es necesario realizar estudios que permitan determinar los temas clave para impulsar el desarrollo científico y que además sean viables para la nación. En este orden de ideas se hace imperativo que la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, como principal institución generadora de conocimiento de la región, elabore su propio trabajo de carácter prospectivo para determinar en qué ejes temáticos invertir sus recursos de investigación en el área de la biotecnología.

Con el fin de aprovechar las oportunidades que ofrece la biotecnología para el crecimiento y la competitividad de nuestro país, se busca realizar un fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica de la UIS alrededor de proyectos estratégicos, para mejorar la productividad científica y realizar un mejoramiento de los recursos existentes, y así generar o mejorar los mecanismos de desarrollo a nivel de los servicios biotecnológicos.

⁹ Presidencia de la República de Colombia. Biotecnología. Competitividad y desarrollo [en línea]. 2002 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.presidencia.gov.co/planacio/cap2/cap6.htm>>.

2. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta una síntesis de los principales referentes teóricos utilizados, relacionados con la vigilancia tecnológica y la prospectiva estratégica.

2.1 VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Definición: “La Vigilancia Tecnológica es una forma sistemática de captación y análisis de información científico-tecnológica que sirve de apoyo en los procesos de toma de decisiones”¹⁰.

Por medio de los estudios de vigilancia tecnológica, se hace posible la detección de fuentes de información importantes para tomar decisiones tecnológicas, y recolectar información acerca de las tendencias tecnológicas del momento, los últimos avances e invenciones, y los posibles socios o competidores, así como también, información acerca de las condiciones regulatorias y de mercado que pueden afectar el desarrollo de una nueva tecnología¹¹.

Solo a través de un proceso sistemático para la recolección de la información adecuada en el momento oportuno, se pueden anticipar las amenazas y oportunidades que resultan de los cambios tecnológicos. Debido a la rapidez con que se generan los cambios, los métodos convencionales se hacen menos eficaces, y las empresas deben tener a su disposición un vigía constante, que en todo momento le facilite escoger el camino adecuado y dirigirse hacia el logro de

¹⁰ MADRI+D. Vigilancia tecnológica [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/vigTecnologica/>>.

¹¹ Ibíd.

sus objetivos. Este es el papel principal que debe desempeñar la Vigilancia Tecnológica en el progreso de una organización¹².

2.2 PROSPECTIVA

2.2.1 Prospectiva Tecnológica

2.2.1.1 Definición

“Conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o predecir el futuro mediante el empleo de determinados métodos y herramientas que permitan la consecución de unos ciertos objetivos industriales o comerciales”¹³.

2.2.1.2 Funciones de la Prospectiva Tecnológica¹⁴

La Prospectiva Tecnológica tiene algunas funciones importantes en la toma de decisiones como las siguientes:

- Identificar demarcaciones que no se pueden traspasar.
- Dictaminar una rapidez evolutiva adecuada, para no intentar velocidades que no se pueden superar.
- Detallar las posibles alternativas.
- Enseñar algunas posibilidades potenciales.
- Indicar signos de advertencia acerca de la conveniencia o no de algunas decisiones, ya sean futuras o pasadas.

¹² COTEC. VIGILANCIA TECNOLÓGICA - DOCUMENTOS COTEC SOBRE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS [en línea]. 1999 [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.colciencias.gov.co/portalcot/downloads/archivosContenido/92.pdf>>.

¹³ MARTÍN PEREDA, J.A. 1.2.- ¿QUÉ ES LA PROSPECTIVA? PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: UNA INTRODUCCIÓN A SU METODOLOGÍA Y A SU APLICACIÓN EN DISTINTOS PAÍSES [en línea]. p. 6 [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/salactsi/prospectiva.pdf>>.

¹⁴ Ibíd. p. 8

2.2.1.3 Herramientas para realizar Prospectiva Tecnológica¹⁵

Si se quiere que la Prospectiva Tecnológica sea más que un ejercicio académico, es necesario disponer de unos fundamentos sólidos, para que pueda resistir el paso del tiempo. Ni siquiera los expertos o especialistas en un área científica poseen todo el conocimiento de dicha área, por lo que se hacen necesarios elementos para comparar los resultados y amplias bases de datos para tener un sólido punto de partida.

Indicadores Bibliométricos: Este indicador se usa para estar al tanto de los resultados de una acción previa política científica o tecnológica en un cierto campo. También puede utilizarse cuando se requiere saber la posición relativa de un país o un grupo con respecto al contexto mundial. De esta manera, se convierte en una herramienta que proporciona datos para realizar una Prospectiva Tecnológica. Esta técnica solo puede ser empleada en usuarios de Ciencia y Tecnología (grupos, instituciones, empresas, organizaciones) y áreas temáticas (áreas del conocimiento, campos de investigación, etc.). La base del intercambio de información entre estos usuarios son las publicaciones en revistas o las patentes, de las que se extraen datos alfa-numéricos para ser posteriormente analizados.

El **Análisis de publicaciones** se refiere al número de artículos publicados en revistas internacionales de un cierto nivel durante un periodo de tiempo por un grupo o nación, para determinar lo que se denomina como su “productividad”. Un aspecto importante en este análisis, es la identificación de las redes entre los distintos entornos y actores de la Ciencia y Tecnología. Estas redes se realizan a través de las palabras clave y los autores e instituciones que se encuentran en los artículos.

¹⁵ Ibíd. p. 18

El **Análisis de patentes** es otra herramienta que permite efectuar un estudio de la situación de un sector o entorno específico, pero con un énfasis en la parte industrial o tecnológica. Los métodos para este tipo de análisis son parecidos a los empleados en los indicadores Bibliométricos.

2.2.2 Prospectiva Estratégica

2.2.2.1 Definición

“La prospectiva es una disciplina con visión global, sistémica, dinámica y abierta que explica los posibles futuros, no sólo por los datos del pasado sino fundamentalmente teniendo en cuenta las evoluciones futuras de las variables (cuantitativas y sobretodo cualitativas) así como los comportamientos de los actores implicados, de manera que reduce la incertidumbre, ilumina la acción presente y aporta mecanismos que conducen al futuro aceptable, conveniente o deseado”¹⁶.

La premisa fundamental de la prospectiva estratégica es que el futuro es amplio e ilimitado, y además está abierto a innumerables posibilidades para el logro de los ideales y las esperanzas, de manera que el presente solo existe en la imaginación. Al indagar sobre el futuro se tiene la opción de influir en su desarrollo, y tomar una posición activa (en lugar de pasiva o reactiva) para tomar decisiones que lleven a la ocurrencia de eventos determinados¹⁷.

2.2.2.2 Análisis Estructural

El **Análisis Estructural** es una herramienta para estructurar una reflexión colectiva, y ayuda a la descripción de un sistema por medio de una matriz que

¹⁶ Instituto de Prospectiva estratégica. Concepto de prospectiva [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.prospecti.es/prospect/concepto.htm>>.

¹⁷ CRUZ MORENO, Juan Carlos. Programa para la asignatura prospectiva estratégica [en línea]. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://pensarelfuturo.files.wordpress.com/2008/02/prospectiva-estrategica.pdf>>.

interrelaciona todas las variables de dicho sistema. A partir de esta descripción, el análisis estructural esclarece cuáles son las principales variables según su influencia, y cuáles son las variables dependientes, para poder determinar qué variables son fundamentales para su evolución¹⁸.

El método MIC MAC debe ser efectuado por un grupo de trabajo formado con actores y expertos con experiencia demostrada en el tema que es objeto de estudio¹⁹.

¹⁸ Prospectiva.eu. MIC MAC. Análisis Estructural [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.prospectiva.eu/curso-prospectiva/programas_prospectiva/micmac>.

¹⁹ GODET, Michel. El análisis estructural. LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE LA PROSPECTIVA ESTRATÉGICA [en línea]. P. 63. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.cnam.fr/lipsor/spa/data/bo-lips-esp.pdf>>.

3. ESTADO DEL ARTE DE LA BIOTECNOLOGÍA

Este capítulo fue confeccionado a medida que se realizaba cada parte del presente proyecto. Aquí se presenta una sinopsis de la gran mayoría de los tópicos relacionados con la Biotecnología, y tiene importancia en los capítulos posteriores, ya que ayuda a formar una visión general para discernir correctamente, qué constituye la Biotecnología.

3.1 DEFINICIÓN DE BIOTECNOLOGÍA

La Biotecnología se debe concebir como un área y no como una ciencia o una disciplina *per se*. Es bastante extensa en conocimiento y requiere de los avances de diferentes disciplinas, lo que la convierte en área multidisciplinaria.

La Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD, por su sigla en inglés), la define como “una tecnología clave para el nuevo milenio, que tiene un inmenso rango de aplicaciones en medicina, agricultura, procesamiento de alimentos, protección ambiental, minería e incluso nanoelectrónica”²⁰.

Esta actividad se define en términos generales como el uso de seres vivos, sus procesos o sus partes para la obtención de bienes y/o servicios, y ofrece soluciones reales a los grandes retos que enfrenta la humanidad en la actualidad, tanto en el sector de la salud como en el agropecuario.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD, por su sigla en inglés), firmado por los líderes de 150 países en la cumbre de Río sobre la tierra, en 1992, la define como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y

²⁰ United Nations Conference on Trade and Development (2002). Key issues in biotechnology. UNCTAD/ITEB-/TEB/10. United Nations, New York and Geneva.

organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”²¹.

La definición de la biotecnología propuesta por la OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT) es la siguiente: “La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para alterar materiales vivos o sin vida para la producción de conocimiento, bienes y servicios”²².

3.2 ANTECEDENTES Y EVOLUCIÓN

En el Anexo 1 se encuentra la línea del tiempo de la Biotecnología, con hechos históricos relevantes que han delineado su camino, e influenciado su desarrollo.

3.3 SECTORES DE APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA

Los siguientes sectores de aplicación fueron extraídos y adaptados del libro “La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015”²³, publicado por Colciencias en el 2008, y a partir de ellos se organizaron las temáticas principales de la Biotecnología.

²¹ FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Declaración de la FAO sobre Biotecnología. La Biotecnología en la Agricultura y la Alimentación [en línea]. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp?lang=es>>.

²² OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Patents in biotechnology. COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS [en línea]. 2008 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/5/19/37569377.pdf>>.

²³ INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” COLCIENCIAS. La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015: Contexto internacional de la biotecnología. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS, 2008. p. 42 – 45.

3.3.1 Sector Agropecuario

3.3.1.1 Cultivos transgénicos

Las plantas transgénicas son plantas que han sido estructuradas genéticamente. Esta forma de reproducción utiliza técnicas de ADN recombinante para crear plantas con nuevas características. Son identificadas como una clase de organismos genéticamente modificados (OMG)²⁴. Estas plantas modificadas genéticamente presentan algunas mejoras como mayor calidad nutricional; resistencia a los insectos, enfermedades y herbicidas; tolerancia a la sal; y ventajas para la Biofarmacéutica, entre otras²⁵.

Los cultivos transgénicos o plantas modificadas genéticamente han facilitado el perfeccionamiento de los cultivos y el análisis de la función que desempeñan los genes en las plantas. Para llegar a este punto, tuvieron que pasar varios años de dificultades y esfuerzos para optimizar las técnicas de transformación, de cultivo de tejidos e ingeniería genética²⁶.

Los cultivos modificados genéticamente han sido desarrollados con los siguientes objetivos:

1. Mejorar la productividad en los cultivos aumentando la resistencia a plagas, herbicidas, enfermedades, sequías, etc.
2. Aumentar la calidad del producto mejorando su apariencia física, incrementando el contenido nutricional y demorando el proceso de maduración de los frutos, para poder mantenerlos almacenados por un mayor lapso de tiempo.

²⁴ ScienceDaily [en línea]. Transgenic plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedaily.com/articles/t/transgenic_plants.htm>.

²⁵ Kimball's Biology Pages [en línea]. Transgenic Plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/T/TransgenicPlants.html>>.

²⁶ TECNOCENCIA. 4. Plantas Transgénicas. [en línea]. Diciembre de 2003 [Citado en 3 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/4.htm>>.

3. Recuperación de terrenos contaminados a causa de los metales pesados, con plantas transgénicas capaces de tolerar altas concentraciones de los mismos.
4. Producción de medicamentos.

Los cultivos transgénicos se pueden desarrollar gracias a una característica inherente a los vegetales. Esta propiedad es la totipotencia, por la cual una célula de los vegetales tiene la capacidad de reconstruir una planta por completo. Las hormonas vegetales se descubrieron en 1956, y se les dio el nombre de citoquininas. Estas posibilitaron el desarrollo de los famosos **cultivos de tejidos vegetales *in vitro***.

Dado que se necesita realizar manipulación genética para introducir los transgenes a nivel celular, se convierte en un factor indispensable el desarrollo de una tecnología de cultivo de tejidos *in vitro* apropiada para cada especie vegetal. Así, las células inicialmente transformadas regenerarán, mediante propagación vegetativa, una planta completa donde todas las células contendrán el trans-gen. Esta etapa del proceso, termina dificultando la obtención de cultivos transgénicos de algunas especies vegetales.

3.3.1.2 Clonación de animales

La clonación de animales comenzó con el nacimiento de la oveja Dolly en 1996, que se convirtió en el primer clon de un animal adulto. Esto propició el auge de una era científica en la que se quebrantó la visión que se tenía de las células como entes inmodificables en su estructura nuclear y código genético²⁷.

²⁷ CHUAIRE, Lilian... et al. Clonación animal: avances y perspectivas. Colombia Médica [En línea]. Vol. 35 No. 2. (2004). [Citado en 3 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol35No2/cm35n2a8.htm>>. ISSN 1657-9534.

La ingeniería genética define la clonación como el aislamiento y la amplificación de un gen específico o segmento de ADN. Este proceso se realiza en un tubo de ensayo.

Como lo menciona Lilian Chuaire, acerca de los organismos unicelulares:

Los organismos pluricelulares son clones ordenados de células con un mismo genoma, pero especializadas hacia funciones distintas. Esto indica que cuando se forma el cigoto, su repertorio de actividades, aunque limitado, es suficiente para dar origen a organismos con una elevada complejidad estructural. El grado de complejidad dependerá de lo que se conoce como proceso de diferenciación. Se entiende por diferenciación, el resultado de la expresión o de la inhibición de determinados grupos de proteínas, con la consecuente formación de tejidos. Los tejidos son grupos de células somáticas especializadas, que debido al proceso de diferenciación experimentado, están inhabilitadas para dar origen a nuevos individuos²⁸.

Las técnicas utilizadas para efectuar la clonación artificial, necesitan etapas de manipulación para extraer copias exactas de las células madre empleadas. Si el resultado es puesto en un útero, se produce la implantación en el endometrio y se desarrolla un nuevo ser. Pero si el embrión es puesto en un medio de cultivo se producirán células madre embrionarias que tendrán la posibilidad de generar cualquier célula adulta (clonación terapéutica).

3.3.1.3 Biotecnología vegetal

Hoy en día la Biotecnología se usa como una herramienta para dotar a las plantas de nuevas características que optimicen su producción en la agricultura, que beneficien el ambiente, y que mejoren la nutrición y la salud humana. La meta del cultivo de plantas es combinar propiedades especiales de diferentes variedades

²⁸ Ibíd.

de plantas para obtener organismos vegetales con una calidad superior. Esta manera de mejorar la producción de las plantas ha sido muy exitosa con el transcurrir de los años, pero los avances en los descubrimientos científicos y las técnicas de laboratorio durante la segunda mitad del siglo XX, llevaron a la manipulación del ADN de los organismos, acelerando el proceso de mejoramiento de las plantas a través del uso de la Biotecnología²⁹.

Una rama interesante de la Biotecnología vegetal es la ingeniería de plantas para la producción de nuevas sustancias biológicas, permitiendo a las plantas convertirse en sistemas de producción que provean materiales valiosos como drogas medicinales, enzimas industriales, plásticos especiales y novedosos ingredientes alimenticios. Estas aplicaciones para las plantas, entre las que se incluye el tabaco, tienen el potencial para generar nuevos mercados para los granjeros³⁰.

Un ejemplo de las ventajas de la biotecnología vegetal, podría ser su aplicación en la producción de tabaco. Muchos de los tóxicos en los cigarrillos de tabaco tienen su origen en la estructura celular de la planta de tabaco, o pueden ser afectados por los procesos que ocurren en la planta durante su crecimiento y senectud. El entendimiento de los genes involucrados podría ayudar a desarrollar nuevas plantas que produzcan menos tóxicos en la planta de tabaco y por consiguiente, en el cigarrillo³¹.

²⁹ VINES, Randy. Plant Biotechnology. Virginia Cooperative Extension [en línea]. 2002, no. 443 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.ext.vt.edu/pubs/biotech/443-002/443-002.html>>.

³⁰ University of Kentucky. Tobacco Biotechnology. Kentucky Tobacco Research & Development Center [en línea]. 2002 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.uky.edu/KTRDC/biotech.html>>.

³¹ British American Tobacco. Tobacco Biotechnology. Research & Development at British American Tobacco [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.bat-science.com/groupms/sites/BAT_7AWFH3.nsf/vwPagesWebLive/DO7LTLWC?opendocument&SKN=1>.

3.3.1.4 Biotecnología animal

La Biotecnología animal es la aplicación de principios científicos e ingenieriles al procesamiento y la producción de materiales por los animales o especies acuáticas para proveer bienes y servicios. Algunos ejemplos de la biotecnología animal incluyen la generación de animales o peces transgénicos usando tecnología de *gene knockout*, por medio de la cual un gen específico puede ser inactivado, producción de animales casi idénticos por la transferencia nuclear de células somáticas, o la producción de especies acuáticas infértiles.

Los avances en la biotecnología animal han sido facilitados por los progresos recientes en el secuenciamiento y análisis de los genomas animales, la identificación de marcadores moleculares y el mejor entendimiento de los mecanismos que regulan la expresión genética³².

3.3.1.5 Biotecnología en la agricultura

Son muchas las aplicaciones que tiene la Biotecnología en la agricultura. Las siguientes son algunas de las más importantes³³:

- Resistencia a herbicidas: esta resistencia se basa en la transferencia de genes de resistencia provenientes de bacterias y otras especies vegetales, como por ejemplo la petunia. Con este método se ha logrado que la soya presente resistencia al glifosato, la colza sea resistente al glufosinato, y el algodón sea resistente al bromoxinil.
- Resistencia a plagas y enfermedades: con la ayuda de la biotecnología se han obtenido cultivos que se protegen a sí mismos en base a la síntesis de

³² USDA-United States Department of Agriculture. Biotechnology – Animal Biotechnology [en línea]. 2007 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.csrees.usda.gov/nea/biotech/in_focus/biotechnology_if_animal.html>.

³³ Infoagro. APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA. InfoAgro [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.htm>.

proteínas u otras sustancias que poseen las características de un insecticida. Estos cultivos presentan ventajas importantes para el agricultor, el consumidor y el medio ambiente, como la reducción del uso de insecticidas, aumento de las poblaciones de insectos beneficiosos, y respeto de la fauna terrestre. Los casos más importantes de resistencia a enfermedades son la resistencia a los virus en el tabaco, la patata, el tomate, el pimiento, el calabacín, la soya, la papaya y la alfalfa.

- Mejora de las propiedades nutritivas y organolépticas.
- Resistencia al estrés abiótico.

3.3.1.6 Biotecnología de los alimentos

La Biotecnología ha influido y continuará influyendo sobre la industria de los alimentos otorgando nuevos productos, bajando los costos de producción, y mejorando los procesos microbiales que se usan en esta industria. Muchas de estas influencias optimizarán la calidad, el valor nutricional y la seguridad de los cultivos vegetales y los productos animales que son la base de la industria alimenticia. Adicionalmente la Biotecnología ofrece muchas maneras de mejorar el procesamiento de materias primas en productos finales: colorantes y saborizantes naturales; nuevas ayudas a la producción, como por ejemplo enzimas y emulsificantes; mayores opciones para el tratamiento de desechos; procesos de manufactura amigables con el medio ambiente; mayores opciones para orientar la seguridad de la comida durante los procesos; y empaques de plástico biodegradable que eliminen las bacterias³⁴.

³⁴ Bio-BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION. Food Biotechnology. Science for Life [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/food.asp>>.

3.3.2 Sector Salud Humana

3.3.2.1 Genómica e Ingeniería Genética

La genómica y la proteómica comenzaron con hallazgos básicos que representan hechos históricos, y que posibilitaron la formulación de nuevas teorías. Estas teorías a su vez propiciaron nuevas tecnologías, que marcaron una nueva era en la ciencia médica³⁵.

A propósito de los avances propiciados por el análisis del ADN, Franklin Aldecoa y Carlos Battilana mencionan:

“El descubrimiento de la estructura del ADN y sus funciones básicas: replicación, transcripción y traducción, asociadas a la manipulación del material genético celular a través de las enzimas de restricción, ligasas, polimerasas, y secuenciación de las bases nucleotídicas, nos llevaron a la ingeniería genética, el revelamiento del genoma humano, la creación de nuevas herramientas para el estudio y diagnóstico de las enfermedades, como la PCR (reacción en cadena de la polimerasa), *microarrays*, y al mejor entendimiento acerca del comportamiento de nuestro organismo frente a los medicamentos (farmacogenómica)”³⁶.

La **Expresión Genética** se refiere a la transformación de la información codificada en un gen a una proteína o al ARN. Los genes expresados incluyen genes que son transcritos a ARN mensajero y luego transformados a proteínas, como también genes que son transcritos a otros tipos de ARN, como ARN interferente y ARN ribosomal que no son traducidos a proteínas³⁷.

³⁵ ALDECOA BEDOYA, Franklin y BATTILANA GUANILO, Carlos. Genómica y proteómica: Un paso más. Acta Médica Peruana [en línea]. Vol. 23 No. 3. (2006). [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172006000300011&lng=pt&nrm=is>. ISSN 1728-5917.

³⁶ *Ibíd.*

³⁷ MedicineNet.com [en línea]. Definition of Gene expression. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=3564>>.

La **Transcripción Genética** consiste en el proceso por medio del cual un enlace de ADN es usado como plantilla para sintetizar un enlace de ARN complementario, el cual es llamado transcripción primaria. El proceso se realiza por la acción de la enzima ARN polimerasa. El proceso de transcripción puede subdividirse en inicio, alargamiento y terminación. Cada etapa requiere de varios factores adicionales a la ARN polimerasa³⁸.

La **Fármacogenética** es “el estudio de cómo los diversos genes afectan la respuesta de las personas a las drogas; la farmacogenómica es definida como el uso de la información secuenciada del ADN para medir, y predecir la respuesta de un individuo a las drogas”³⁹.

La **Genómica Funcional** se centra en la recolección sistemática de información acerca de la función que desempeñan los genes. Para esto se utilizan aproximaciones experimentales globales que ayudan a evaluar la función de los genes haciendo uso de las herramientas de la genómica estructural. Una de sus principales características es la combinación de métodos experimentales a gran escala con estudios bioinformáticos de los resultados⁴⁰.

La **Secuenciación** consiste en determinar el orden de los aminoácidos en una proteína o los nucleótidos en un ácido nucleico o gen. Los resultados han incrementado el entendimiento de los mecanismos de los procesos de la vida y tienen numerosas aplicaciones. Mientras Frederick Sanger necesitó 10 años para determinar la estructura y la secuencia de aminoácidos en la insulina y aproximadamente el mismo tiempo para la secuencia de los nucleótidos en el ADN

³⁸ Web-books [en línea]. Molecular biology. Gene transcription. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.web-books.com/MoBio/Free/Ch4A.htm>>.

³⁹ Ibíd.

⁴⁰ Solo Ciencia [en línea]. Genómica funcional. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.solociencia.com/biologia/bioinformatica-genomica-funcional.htm>>.

de un pequeño virus, los instrumentos automatizados de laboratorio y las técnicas actuales pueden hacer ambas cosas en cuestión de días u horas⁴¹.

La **Variación Genética**, variación en los alelos de los genes, ocurre tanto dentro de las poblaciones, como entre las poblaciones. Esta condición es importante porque provee la materia prima para la selección natural⁴². Existen tres fuentes esenciales de variación genética⁴³:

- Mutaciones: son los cambios en el ADN. Una sola mutación puede tener un gran efecto, pero en muchos casos, el cambio evolutivo se basa en la acumulación de muchas mutaciones.
- Flujo de genes: es cualquier movimiento de genes de una población a otra.
- Sexo: puede introducir nuevas combinaciones de genes en una población.

3.3.2.2 Proteómica

La proteómica es “el estudio sistemático de las diversas propiedades de las proteínas para proveer detallada descripción de la estructura, función y control de los sistemas biológicos, esto incluye: secuencia, cantidad, modificaciones, interacciones con otras proteínas, etc., tanto en la salud como en la enfermedad”⁴⁴.

Las proteínas cuentan con importantes propiedades como las siguientes:

- Muchas de las proteínas cambian su forma a propósito a medida que realizan su labor.

⁴¹ Britannica Concise Encyclopedia, published by Encyclopedia Britannica, Inc. Sequencing. [Citado en marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/Sequencing>>.

⁴² MCGINLEY, Marck. The encyclopedia of earth: Genetic variation [en línea].2008. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.eoearth.org/article/Genetic_variation>.

⁴³ University of California Museum of Paleontology. Understanding evolution: Genetic variation [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/4_0_0/evo_17>.

⁴⁴ ALDECOA BEDOYA, Franklin y BATTILANA GUÑILO, Carlos...Op. Cit.

- Las proteínas tienen la capacidad de agruparse selectivamente con cofactores con el objetivo de desempeñar su función de manera más eficiente.
- Muchas de las transformaciones de postraducción afectan las características de las proteínas.
- Las proteínas tienen la habilidad de diferenciarse en conglomerados, que van desde simples dímeros a cientos de subunidades.

La **Caracterización de las Proteínas** juega un rol fundamental en dos aspectos de la proteómica estructural. Uno de ellos es la adecuada valoración de la mezcla de proteínas producida. Obtener cristales bien difractados es uno de los cuellos de botella más comunes en el camino de la determinación de la estructura. El otro aspecto es la determinación de algunas de las características de las proteínas tales como el dominio, estado oligomérico, modificaciones post-translacionales e interacciones proteína-proteína y proteína-enlace⁴⁵.

La **Proteína Verde Fluorescente GFP** (por su sigla en inglés) fue observada por primera vez en 1962 en la medusa *Aequorea Victoria* y se ha convertido en una herramienta fundamental para la biociencia. Los científicos han usado la *GFP* para observar procesos, que no eran observables en el pasado tales como la propagación de las células cancerígenas o el deterioro celular en personas que padecen la enfermedad de Alzheimer. Dos científicos estadounidenses y uno japonés recibieron el Premio Nobel de química en el 2008 por el descubrimiento y desarrollo de esta proteína⁴⁶.

⁴⁵ GEERLOF, Arie, et al. The impact of protein characterization in structural Proteomics. Acta crystallographica. Section D, Biological crystallography [en línea], Octubre 2006. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17001090>>.

⁴⁶ Diario de Cádiz [en línea]. El Nobel premia el hallazgo de la proteína verde fluorescente. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.diariodecadiz.es/article/sociedad/249723/nobel/premia/hallazgo/la/proteina/verde/fluorescente.html>>.

Las **Glicoproteínas** han sido por muchos años un tópico de estudio importante, pero desde la segunda mitad del siglo XX ha aumentado el interés de los químicos y los biólogos, debido a que se descubrió la abundancia de este tipo de proteínas en los organismos vivos, y a la diversidad de sus funciones, ya que aparecen en la mayoría de los procesos biológicos estudiados. Muchas glicoproteínas tienen funciones estructurales⁴⁷.

3.3.2.3 Biotecnología para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades

El **Cáncer** es una enfermedad con una multitud de formas diferentes. Existen tantos tipos de cáncer como tipos de células en el cuerpo. El cáncer ocurre en una célula luego de una serie de eventos genéticos, y empieza a proliferarse sin control para después invadir otros órganos y tejidos.

El gran avance de la Biotecnología en el tratamiento del cáncer, ha sido el desarrollo de medicamentos específicos para los distintos tipos de células cancerígenas. Con un mayor entendimiento de los mecanismos detrás de la división de las células cancerígenas, marcadores específicos de estas células pueden ser identificados. El desarrollo de los **anticuerpos monoclonales** ha permitido el desarrollo de nuevos tratamientos contra el cáncer. Esta biodroga solo ataca células específicas y tiene pocos efectos secundarios. Varios anticuerpos monoclonales han sido desarrollados, entre ellos el rituximab, que sirve para el tratamiento de ciertos linfomas y el trastuzumab que tiene un efecto significativo en el 20% - 30% de los casos con cáncer de seno⁴⁸.

En el pasado el **Desarrollo de Vacunas** se fundamentaba en el uso de agentes infecciosos atenuados o muertos. La Biotecnología ha iniciado una revolución en

⁴⁷ St. Edwards University [en línea]. Glycoproteins. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.cs.stedwards.edu/chem/Chemistry/CHEM43/CHEM43/Glycoproteins/Glycoproteins.HT>> ML>.

⁴⁸ Bioimpact Biotechnology for patients [en línea]. Biotechnology for cancer. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <www.france-biotech.org/load.asp?ID_DOC=1366>.

la inmunología porque los científicos pueden utilizar microorganismos totalmente inocuos en las vacunas, lo que hace posible la introducción de genes que determinen la producción de ciertos antígenos en bacterias inocuas, las cuales hacen que el individuo vacunado pueda producir los anticuerpos necesarios para contrarrestar una infección potencial. Estos antígenos son obtenidos de los microorganismos que generan las enfermedades y causan la patogenicidad. Algunos ejemplos de vacunas fabricadas con la ayuda de la ingeniería genética son las vacunas para la hepatitis y la rabia⁴⁹.

La **Administración de Fármacos** se está transformando en un área de investigación independiente e interdisciplinaria, y está acaparando la atención de los fabricantes farmacéuticos, los galenos y la industria. Una administración de fármacos, enfocada y segura puede mejorar el desempeño de algunas medicinas clásicas, y más aun, podría influir en el éxito y desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas como la administración proteínica y peptídica, administración glicoproteínica, terapia génica y ARN interferente. Muchas tecnologías innovadoras para una administración de fármacos efectiva han sido desarrolladas, incluyendo los implantes, la nanotecnología, encapsulación peptídica, microfabricación y modificación química, entre otras⁵⁰.

La **Terapia Génica** es una técnica experimental que utiliza los genes para tratar o prevenir una enfermedad, y en el futuro podría permitir a los doctores tratar

⁴⁹ VAN PEMELEN, Luciana y RAMIREZ, Estefanía. Biotecnología en la medicina [en línea]. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2005/CORDOBA/851/biotecnolog%C3%ADa%20en%20la%20medicina/biotecnolog%C3%ADa%20en%20la%20medicina.htm>>.

⁵⁰ OIRVE, Gorka, et al. Drug delivery in biotechnology: present and future. Current Opinion in Biotechnology. [en línea]. 2003, vol. 14, no. 6 [Citado en 05 de febrero de 2009], pp. 659-664. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VRV-4B4P78N-9&_user=2620291&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000058185&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2620291&md5=fe8bd69fd63956c71d0f13f637cdcf6d6>.

desórdenes insertando un gen en las células de un paciente en lugar de usar drogas o una cirugía⁵¹.

Las **Vacunas de ADN** utilizan ADN plásmido prefabricado introducido en las células de un paciente para producir antígenos en la superficie de la célula y poder modificar de esta manera el funcionamiento del sistema inmune. Aunque fueron diseñados inicialmente para crear inmunidad frente a patógenos, los desarrollos recientes han posibilitado el uso de las vacunas de ADN para inducir tolerancia inmune en pacientes con enfermedades autoinmunes. Este es un campo que promete mucho pero necesita más investigación para mejorar su efectividad y asegurar su uso en los humanos⁵².

Las **Células Madre** son únicas debido a que pueden multiplicarse indefinidamente y diferenciarse en tipos de células especializadas a medida que se multiplican. Esto potencia su importancia para la medicina y abre la posibilidad de crear cualquier tipo de célula para usarlas en tratamientos, y remplazar células enfermas o defectuosas. Puede ser posible tratar pacientes trasplantando células especializadas que han crecido a partir de células madre en el laboratorio. Actualmente ya se ha logrado trasplantar células cutáneas en pacientes con quemaduras severas⁵³.

La **Inmunología** es el estudio de la forma en que se protege el cuerpo de las macromoléculas extrañas o de los organismos invasores, y también trata acerca de las respuestas a estos. Estos invasores incluyen virus, bacterias, protozoarios y hasta grandes parásitos. Además, el cuerpo humano desarrolla respuestas inmunes contra sus propias proteínas (y otras moléculas) generando su

⁵¹ Genetics Home Reference. What is gene therapy? [en línea]. [Citado en 28 de enero de 2009]. Disponible en: <<http://ghr.nlm.nih.gov/handbook/therapy/genetherapy>>.

⁵² MALLON, Shane. DNA Vaccines: Treatment Options for Autoimmune Diseases. Basic Biotechnology eJournal [en línea]. 2008, vol. 4, no. 1 [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://ejournal.vudat.msu.edu/index.php/mmg445/article/viewArticle/277>>.

⁵³ Biotechnology Australia. Stem cells [en línea]. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biotechnology.gov.au/index.cfm?event=object.showContent&objectID=D3308184-BCD6-81AC-116581F40B213F3C>>.

autoinmunidad, y contra las células aberrantes en los mecanismos de inmunidad tumoral⁵⁴.

La **Virología** es el estudio de los virus y su rol en las enfermedades. Muchos virus, como por ejemplo los virus de ARN animal y los que infectan bacterias, o bacteriófagos, se han convertido en herramientas de laboratorio muy útiles en los estudios genéticos y en los trabajos acerca del control metabólico celular de la expresión genética. La capacidad de los virus para transferir material genético también ha sido ampliamente usada para la transferencia experimental de material genético, especificando una enzima en particular, o dentro del núcleo de las células anfitrión de un mamífero que carecía de la habilidad para sintetizar la enzima⁵⁵.

El **SIDA** es una de las enfermedades en las que más se ha enfocado la Biotecnología. Existen dos cepas conocidas de **VIH**: VIH-1 y VIH-2. El VIH-1 es el virus que fue inicialmente descubierto. Es el más virulento, relativamente fácilmente transmisible, y es la causa de la mayoría de las infecciones producidas por el virus de inmunodeficiencia adquirida en el mundo. El VIH-2 es de menor transmisión⁵⁶.

El **Virus del Papiloma Humano** (HPV, por su sigla en inglés) también presenta una alta importancia para las aplicaciones médicas de la Biotecnología. Este virus es un Papillomavirus que infecta la piel y las membranas mucosas de los humanos. Afecta la salud femenina mucho más que a la masculina.

⁵⁴ University Of South Carolina, School Of Medicine. Microbiology and Immunology [en línea]. [Citado en 25 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://pathmicro.med.sc.edu/book/immunol-sta.htm>>.

⁵⁵ Columbia Electronic Encyclopedia, published by Columbia University Press. Virology [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/virology>>.

⁵⁶ REEVES, J. D. and DOMS, R. W (2002). Human Immunodeficiency Virus Type 2 [en línea]. J. Gen. Virol. 83 (Pt 6): 1253–65. [PubMed - indexed for MEDLINE: 12029140]. [Citado en abril de 2009].

Aproximadamente 130 tipos de HPV han sido identificados. Algunos de estos tipos causan verrugas y otros cáncer, mientras otros no tienen síntomas⁵⁷.

3.3.3 Sector Ambiental

La biotecnología ambiental es una solución a varias de las dificultades generadas por la contaminación actual. Como lo menciona la Doctora Claudia Díaz: “La biotecnología ambiental abarca cualquier aplicación destinada a reducir la contaminación, desde la utilización de microorganismos para la generación de combustibles hasta el empleo de vegetales para la absorción de sustancias tóxicas”⁵⁸.

La utilización de plantas de tratamiento de aguas contaminadas con desechos orgánicos se ha empleado en los países desarrollados desde hace más de un siglo. Las tecnologías para la producción de combustibles que fueron generadas durante los años setenta, como el etanol producido por la fermentación de almidones del maíz, la papa o la yuca son usadas célebremente por Brasil y USA como aditivo en la gasolina para los automotores.

La biotecnología ambiental ha tenido una gran influencia en la optimización de procesos industriales tradicionales, y en la creación de nuevos procesos. Por ejemplo, la bacteria *Thiobacillus ferrooxidans* es usada para la extracción de oro y cobre. Esta bacteria se encuentra presente de manera natural en ciertos materiales que contienen azufre y se alimenta de ellos. Cuando se alimenta, se extraen distintos metales del mineral crudo. Alrededor del 25% de la producción de cobre a nivel mundial, es generada por medio de esta tecnología.

⁵⁷ Center for control disease and prevention. STD Facts - Human Papillomavirus (HPV)" [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.cdc.gov/std/HPV/STDFact-HPV.htm>>.

⁵⁸ DÍAZ CAMINO, Claudia. Biotecnología y Medio Ambiente. Council for Biotechnology Information [en línea]. [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.whynbiotech.com/mexico.asp?id=3640>>.

En México se estudia la manera usar la biotecnología para hacer más eficiente el procesamiento del petróleo y disminuir sus efectos contaminantes. Un ejemplo, lo constituye la remoción biológica de azufre por bacterias o la eliminación de metales por enzimas. Con estos procedimientos se adiciona valor al producto y el procedimiento de obtención se hace más limpio y económico.

Las diversas aplicaciones de la biotecnología en el sector ambiental han probado los beneficios que pueden proveer, de una manera eficiente y económica para solucionar problemas de contaminación y promover el diseño de nuevas tecnologías que mejoren procesos industriales y reduzcan la emisión de agentes contaminantes al medio ambiente.

3.3.3.1 Biodiversidad

El desarrollo humano e industrial vivido en los últimos años, ha generado serias dificultades en cuanto a la contaminación de los lugares poblados y no poblados. Este problema global impulsa a la sociedad a desarrollar métodos que disminuyan los impactos negativos de la contaminación del medio ambiente, como el deterioro de la salud humana y la pérdida irremediable de la biodiversidad⁵⁹.

Los métodos biotecnológicos pueden ser aplicados al estudio de casi todos fenómenos biológicos y en algunos casos tener aplicaciones prácticas para el mantenimiento de la biodiversidad. La biodiversidad en la naturaleza ha sido reducida en gran parte en los países industrializados a lo largo de un extenso periodo de tiempo, y la biotecnología podría presentar algunas soluciones para conservar las especies animales en vías de extinción⁶⁰.

⁵⁹ *Ibíd.*

⁶⁰ BRAUN, Richard y AMMANN, Klaus. BIODIVERSITY: THE IMPACT OF BIOTECHNOLOGY. Encyclopedia of Life Support Systems. [en línea]. 2002 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.botanischergarten.ch/EFB/UNESCO-Biodiv-Biotech-Final.pdf>>.

3.3.3.2 Biorremediación

Los sistemas de biorremediación (*BIOREMEDIATION*) se fundamentan en la utilización de los microorganismos naturales (hongos, bacterias o levaduras) para degradar sustancias tóxicas en otras menos tóxicas para el medio ambiente y el ser humano. La biorremediación es la adición de materiales en ambientes contaminados para acelerar la biodegradación. Muchos contaminantes pueden ser eliminados por biorremediación como el petróleo, pesticidas, herbicidas, y metales pesados entre otros. Esto prueba la importancia de esta técnica para recuperar el medio ambiente. La biorremediación se puede dividir en tres grupos:

- Degradación enzimática: uso de enzimas en el lugar contaminado para degradar las sustancias tóxicas. Estas enzimas son fabricadas por bacterias modificadas genéticamente. La biotecnología lleva décadas aplicando esta técnica en el mercado y actualmente las compañías biotecnológicas ofrecen las enzimas y los microorganismos genéticamente modificados.
- Remediación microbiana: Utilización de microorganismos directamente en el foco de contaminación
- Fitorremediación (*PHYTOREMEDIATION*): Es un conjunto de técnicas para asimilar, degradar, metabolizar o desintoxicar metales pesados, compuestos orgánicos, radioactivos o derivados del petróleo utilizando plantas capaces de absorber y degradar estas sustancias en otras menos tóxicas.

3.3.3.3 Biodegradación

La Biodegradación (*BIODEGRADATION*) es un proceso natural mediante el cual microorganismos transforman moléculas orgánicas en otras sustancias, como ácidos grasos y dióxido de carbono. Con una manipulación de los sistemas

biológicos, como la inmovilización y producción de enzimas, y cambios genéticos en algunas cepas bacterianas, se puede acelerar la degradación⁶¹.

3.3.4 Aplicaciones Industriales

La **Biotecnología Industrial** aplica las herramientas de la biotecnología para hallar sustitutos naturales a los procesos químicos que se utilizan en la producción industrial. El uso de los biocatalizadores y los microorganismos modificados genéticamente, han posibilitado el mejoramiento de los procesos productivos, reduciendo el gasto de energía y el consumo de materiales, y por ende la creación de residuos industriales.

Los expertos han identificado tres tendencias tecnológicas: la Biotransformación, la Bioproducción y la Biotecnología ambiental⁶².

- La **Biotransformación** es la conversión de un compuesto químico o bioquímico en otros usando catalizadores de origen biológico o sintético, tales como las enzimas.
- La **Bioproducción** es la elección o alteración de plantas vegetales y microorganismos para la producción de compuestos.
- La **Biotecnología ambiental** permite el tratamiento y recuperación de suelos, aguas y residuos urbanos e industriales. Actualmente se usan microorganismos escogidos genéticamente para digerir vertidos de petróleo o enzimas para digerir residuos de papeleras industriales.

⁶¹ ArgenBio. Biorremediación. Por Qué Biotecnología [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www2.ceride.gov.ar/wwwisis/publica/biorremediacion.htm>>.

⁶² FUNDACIÓN OPTI. Impacto de la Biotecnología en los Sectores Industrial y Energético. [en línea]. [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <http://www.opti.org/pdfs/resumen_biotecnologia.pdf>.

3.3.4.1 Biotecnología energética

La Biotecnología Energética usa las cosechas agrícolas y los residuos de estas cosechas para generar energía. El almidón del maíz o del trigo se usa para producir bioetanol; los aceites vegetales de la colza o el girasol para producir biodiesel; y los residuos urbanos para producir biogás. El proceso consiste en el uso de enzimas para acelerar los procesos y la fermentación por medio de microorganismos. Los Biocombustibles se consideran como una tendencia tecnológica del futuro, debido a la alternativa energética que representan para disminuir la necesidad de los combustibles fósiles, y reducir el impacto económico de los cambios presentados en el precio del petróleo, así como la dependencia de su provisión por parte de países extranjeros y la emisión de GEI (Gases con Efecto Invernadero).

3.3.4.2 Biotecnología de los hongos

Los hongos han sido importantes tanto en los procesos biotecnológicos antiguos como en los modernos. Estos procesos incluyen la elaboración de pan, la elaboración de cerveza, y la producción de antibióticos, alcoholes, enzimas, ácidos orgánicos y gran cantidad de farmacéuticos. La aparición de la técnica del ADN recombinante y el análisis genómico a gran escala ha ubicado a las levaduras y los hongos filamentosos en el frente de las aplicaciones comerciales contemporáneas⁶³. En el Anexo 2 se pueden observar las aplicaciones más importantes de los hongos en la Biotecnología, y en el Anexo 3 algunas enzimas obtenidas a partir de los hongos que se destacan por su importancia comercial.

⁶³ BENNET, John W. Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. Journal of Biotechnology [en línea]. 1998, vol. 66, no. 2 [Citado en 11 de febrero de 2009], pp. 101-107. Disponible en: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/01681656/1998/00000066/00000002/art00133>>.

3.3.4.3 Tecnología Enzimática

Muchos nuevos procesos han sido y están siendo desarrollados para fabricar una gran variedad de productos de alto valor agregado utilizando enzimas como biocatalizadores en la industria alimenticia (pan, queso, cerveza, vinagre, etc.), químicos finos (aminoácidos, vitaminas, etc.), y en la industria farmacéutica. Las enzimas también son usadas para proporcionar servicios, como por ejemplo servicios de limpieza y procesos ambientales, o para propósitos analíticos y diagnósticos. La fuerza motriz en el desarrollo de la tecnología enzimática ha sido y continuará siendo el desarrollo de procesos, productos, y servicios novedosos y mejorados, para solucionar los problemas del hombre, como por ejemplo la optimización de procesos para fabricar productos existentes a partir de nuevas materias primas, como la biomasa⁶⁴.

Las siguientes son algunas de las clases de enzimas más importantes por su gran cantidad de usos y aplicaciones:

- Las **Hidrolasas** (*HYDROLASES*) son la clase de enzimas de mayor importancia para los químicos orgánicos y son las enzimas más ampliamente conocidas y frecuentemente usadas en la industria⁶⁵.
- Las **Lipasas** (*LIPASES*) constituyen el grupo más importante de biocatalizadores para las aplicaciones biotecnológicas. La producción de alto nivel de lipasas microbiales requiere no solo de una eficiente sobreexpresión de los genes correspondientes, sino también un entendimiento detallado del mecanismo molecular que dirige su plegamiento y secreción. El mejoramiento de las propiedades industriales destacadas de la lipasa puede ser logrado por medio de evolución dirigida.

⁶⁴ Biotechnology and Enzyme Catalysis. Introduction to Enzyme Technology. Biotechnology and Enzyme Catalysis [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.chemie.uni-greifswald.de/~biotech/assets/downloads/3527304975_c01.pdf>.

⁶⁵ BERGLUND, Per. Hydrolases in Organic Synthesis: Regio- and Stereoselective Biotransformations. ChemBioChem [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.chemie.uni-greifswald.de/~biotech/assets/downloads/2006_CBC_2nded_review.pdf>.

Novedosas aplicaciones biotecnológicas han sido establecidas exitosamente usando lipasas para la síntesis de biopolímeros y biodiesel, la producción de farmacéuticos enantiopuros, agroquímicos, y compuestos saborizantes⁶⁶.

- Las **Oxirreductasas** (*OXIDOREDUCTASES*) son una amplia clasificación de las enzimas que catalizan reacciones biológicas de oxido-reducción. Ya que gran parte de la química industrial involucra procesos de oxido-reducción, el uso de las oxirreductasas para llevar a cabo transformaciones sintéticas es un tema de mucho interés. Se destaca la síntesis asimétrica mediada por oxirreductasas de aminoácidos, esteroides y otros farmacéuticos. Otra área de aplicación de las oxirreductasas es su uso intensivo en los diagnósticos clínicos y aplicaciones analíticas. Tienen algunos otros usos como la síntesis de polímeros, control de la polución y oxigenación de hidrocarburos⁶⁷.

La **Catálisis Enzimática** es una de las tecnologías clave en el área creciente de la biotecnología industrial. El uso de enzimas en la síntesis de químicos finos es un campo con bases sólidas que ha afrontado un crecimiento explosivo en los últimos años⁶⁸.

Los **Biocatalizadores** son proteínas (enzimas) o en algunos casos pueden ser ácidos nucleicos. Actualmente se conocen enzimas que son necesarias en todos los sistemas de seres vivos para catalizar todas las reacciones químicas necesarias para la sobrevivencia y la reproducción. Las enzimas aisladas también

⁶⁶ JAEGER, Karl-Erich y EGGERT, Thorsten. Lipases for biotechnology. Current Opinion in Biotechnology. [en línea], Agosto 2002. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VRV-46T3RTW-D&_user=2620291&_coverDate=08%2F01%2F2002&_rdoc=1&_fmt=full&_orig=search&_cdi=6244&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000058185&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2620291&md5=67f1f0c9f223f5cb8d0ee4165253a2aa#toc3>.

⁶⁷ MAY, Sheldon W. y PADGETTE, Stephen R. Nature Biotechnology [en línea]. Oxidoreductase Enzymes in Biotechnology: Current Status and Future Potential. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nature.com/nbt/journal/v1/n8/abs/nbt1083-677.html>>.

⁶⁸ BERGLUND. Op. cit.

pueden catalizar estas reacciones. Muchos de los procesos en los que las enzimas actúan como catalizadores han sido patentados. Las enzimas pueden ser usadas como biocatalizadores para catalizar reacciones químicas de manera sostenible en una escala industrial⁶⁹.

3.3.5 Otros sectores con aplicaciones biotecnológicas

3.3.5.1 Biotecnología de los microorganismos

En cuanto a la **Microbiología**, los descubrimientos a lo largo de la última década han demostrado que esta disciplina es de vital importancia con aplicaciones prácticas en agricultura, medicina, biorremediación, biotecnología, ingeniería y otros campos. Es claro que el rol de los microbios en la naturaleza es tan diverso, que el proceso de minería de datos acerca de esta variación genética para generar nuevas aplicaciones, continuará por largo tiempo en el futuro. Además, la veloz tasa de evolución microbiana asegura que no habrá soluciones permanentes a los problemas agrícolas, médicos o ambientales causados por microbios⁷⁰.

El ***Bacillus subtilis*** es una bacteria que forma esporas cuando las condiciones ambientales son adversas y germina cuando vuelven a ser favorables para su desarrollo. Esta bacteria ha sido de gran interés para los biólogos, que han tratado de comprender su mecanismo de formación de esporas y su capacidad de resistencia y longevidad al paso del tiempo. Posee una amplia variedad de aplicaciones industriales para producir antibióticos naturales para contrarrestar la acción de bacterias y hongos patógenos, sustancias antivirales (como por ejemplo

⁶⁹ Biotechnology and Enzyme Catalysis. Op. cit.

⁷⁰ MALOY, Stanley y SCHAECHTER, Moselio. La era de la microbiología: un Fénix de oro. INT. MICROBIOL. [en línea]. 2006, vol. 9, no. 1 [Citado en 25 de marzo de 2009], pp. 01-07. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-67092006000100001&lng=es&nrm=iso. ISSN 1139-6709.

para combatir el SIDA), enzimas y agentes tensoactivos (detergentes), vacunas orales y probióticos seguros para el hombre⁷¹.

El ***Bacillus thuringiensis*** (B. t.) es una bacteria usada como ingrediente activo para los insecticidas biológicos y controlar vectores de enfermedades, como los mosquitos. Los insectos benéficos no mueren por la aplicación de la toxina de B. t. y no es tóxico para el hombre, los animales y la fauna. La toxina se aplica en el campo en suspensiones de esporas con cristales, en agua⁷².

La ***Pseudomonas aeruginosa*** es una bacteria patógena que infecta a personas inmunosuprimidas por lo que constituye un problema para la salud humana. Pero esta bacteria es capaz de usar gran cantidad de compuestos orgánicos como sustrato para desarrollarse, y genera algunos compuestos que la hacen útil para solucionar problemas de contaminación y algunos otros procesos biotecnológicos, por lo que tiene importancia tanto médica como biotecnológica. La *P. aeruginosa* tiene una característica genética que la diferencia de otras bacterias, la secuencia de su genoma está conservada entre cepas clínicas y ambientales⁷³.

⁷¹ La Capital. *Bacillus subtilis*, la elegida. La Capital.com.ar [en línea]. 2008, [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.lacapital.com.ar/contenidos/2008/06/04/noticia_5231.html>.

⁷² SANSINENEA ROYANO, Estibaliz. *Bacillus thuringiensis*: Una alternativa biotecnológica a los insecticidas. Aleph Zero 29 [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az29/stebaliz.html>>.

⁷³ SOBERON-CHAVEZ, Gloria, et al. Regulación genética de *Pseudomonas aeruginosa*: Un enfoque básico con posibles aplicaciones en biotecnología y salud [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.smb.org.mx/XXVIIICONGRESO/Text/Magistrales/G_Soberon.pdf>.

3.3.5.2 Biomateriales

Los biomateriales son sustancias inertes farmacológicamente diseñadas para incorporarse o implantarse en seres vivos. Este implante se realiza para remplazar o reparar los tejidos vivos y sus funciones⁷⁴.

La **silicona** es uno de los materiales que más prevalecen en el uso industrial. Se espera que la biotecnología de la silicona produzca materiales únicos biológicos que tendrán aplicaciones en los diagnósticos, los biosensores, el suministro adecuado de ingredientes activos, y productos para el cuidado personal. Los materiales también pueden ser usados para desarrollar nuevos dispositivos basados en biochips, con un reconocimiento bastante preciso y una capacidad superior para la transducción de señales⁷⁵.

3.3.5.3 Producción de Compuestos Químicos

Existen dos clases principales de **Ácidos Grasos**: los saturados y los no saturados. Los ácidos grasos poliinsaturados como el EPA (Eicosapentaenoic acid) y el DHA (Docosahexaenoic acid) han atraído la atención debido a sus efectos benéficos en la salud humana. El aceite de pescado es la mayor fuente de EPA y DHA. Genes que codifican enzimas involucrados en la biosíntesis de ácidos poliinsaturados han sido identificados y clonados. La prospección genética se convierte en un novedoso método para aumentar la producción de ácidos poliinsaturados. Los genes de elongasa y desaturasa tienen un alto atractivo biotecnológico desde el punto de vista de la ingeniería genética⁷⁶.

⁷⁴ Biblioteca Digital ILCE. Biomateriales [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec_14.ht>.

⁷⁵ GENENCOR. Dow Corning and Genencor Form a Strategic Alliance to Develop Silicon Biotechnology to Create Unique Materials. Media Relations [en línea]. 2001 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.genencor.com/cms/connect/genencor/media_relations/news/archive/2001/gen_221001_en.htm>.

⁷⁶ WARUDE, Dnyaneshwar; JOSHI, Kalpana y HARSULKAR, Abhay. Polyunsaturated fatty acids: Biotechnology. Critical reviews in biotechnology [en línea]. 2006, vol. 6, no. 2 [Citado en 04 de

El **Ácido Láctico** es usado como humectante o hidratante, y en algunos cosméticos como mordiente, un químico que ayuda a la fijación de colorante en las fibras de los textiles. También es usado en la producción de encurtidos y chucrut, comidas para las cuales se requiere un sabor amargo. Se utiliza en la industria láctea para fabricar yogurt y queso. Se usa para curtir el cuero, tiene importancia en la industria farmacéutica como material inicial para otras sustancias, y está involucrado en la fabricación de lacas y tintas⁷⁷.

Los **Lípidos** (aceites y grasas) constituyen una parte importante de la dieta humana. Los aceites derivados de las plantas representan una fuente de recursos renovables con muchas aplicaciones industriales, una de ellas es la alimenticia. Para poder conseguir plantas que produzcan aceites con las características requeridas, los agricultores desarrollan proyectos de mejoramiento a través de la hibridación o la inducción de mutaciones y han podido desarrollar de esta manera nuevas variedades vegetales. Hoy en día la modificación llevada a cabo por la ingeniería genética hace posible cambiar la composición de los ácidos grasos y mejorar la calidad de los aceites vegetales de manera más rápida y precisa que las técnicas tradicionales⁷⁸.

3.4 TECNOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE LA BIOTECNOLOGÍA

A continuación se presenta una revisión de las principales tecnologías y herramientas usadas en la biotecnología.

febrero de 2009], pp. 83-93. Disponible en: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17881482>>. ISSN 0738-8551.

⁷⁷ Science Encyclopedia [en línea]. Lactic Acid - Uses of Lactic Acid. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://science.jrank.org/pages/3782/Lactic-Acid-Uses-lactic-acid.html>>.

⁷⁸ ArgenBio. El Cuaderno de Por qué Biotecnología nº 66 [en línea]. Aplicación de la Biotecnología moderna al mejoramiento de los aceites. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_66.asp?cuaderno=66>.

3.4.1 Cultivo de tejidos *in vitro*

Esta técnica consiste en “cultivar células vegetales en un medio artificial y en condiciones estériles (para evitar infecciones de patógenos) que aporten los nutrientes necesarios para las divisiones celulares y la proliferación vegetativa”⁷⁹. Se conocen tres métodos para usar la técnica de cultivos *in vitro*:

1. El cultivo de embriones: Aislamiento de embriones zigóticos propiciando su crecimiento como planta en un medio artificial.
2. La embriogénesis somática o asexual: Generación de embriones a partir de tejidos somáticos, como microesporas u hojas.
3. La organogénesis: Generación de órganos como tallos o raíces a partir de diversos tejidos

3.4.2 Tecnología del ADN recombinante

Muchos consideran que la técnica del ADN recombinante es la piedra angular de la Biotecnología moderna. Su nombre significa literalmente recombinar dos partes separadas de ADN provenientes de dos especies distintas. Realizar modificaciones genéticas utilizando esta técnica tiene la ventaja de trasladar un único gen, cuyas funciones se conocen, de un organismo a otro. El genoma humano fue secuenciado en el año 2000 y actualmente se tienen grandes avances en la técnica del ADN recombinante en conjunto con la clonación molecular (*MOLECULAR CLONING*), en campos como los siguientes⁸⁰:

- Producción de nuevas medicinas y vacunas mucho más seguras.
- Tratamiento de enfermedades genéticas.
- Grandes avances en agentes para bio-control utilizados en la agricultura.

⁷⁹ TECNOCENCIA. 4. Plantas Transgénicas. [en línea]. Diciembre de 2003 [Citado en 3 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/4.htm>>.

⁸⁰ Bio-scope. DNA technology. BIO-SCOPE.COM-BIOTECHNOLOGY, BIOTECHNIQUES & TECHNOLOGY GUIDE [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio-scope.com/dna-technology.htm>>.

- Incrementos en los rendimientos obtenidos de la agricultura y una reducción del costo de producción.
- Disminución de las características que producen alergias en algunos tipos de alimentos.
- Gran mejora en el valor nutricional de los alimentos.
- Plásticos biodegradables.
- Disminución en la polución del aire y el agua.
- Menor deterioro de la comida.
- Mejor control sobre las enfermedades virales.

3.4.3 Reacción en Cadena de Polimerasa

La reacción en cadena de polimerasa (PCR, por su sigla en inglés) es un método para amplificar segmentos de ADN, por la generación de múltiples copias usando enzimas ADN-polimerasa bajo condiciones controladas. Algo tan pequeño como una copia única de un segmento de ADN puede ser clonado en millones de copias, permitiendo su detección, utilizando colorantes y otras técnicas de visualización. El proceso de la PCR ha hecho posible la secuenciación del ADN y la identificación del orden de los nucleótidos en genes individuales. Las técnicas de la PCR se han empleado en muchas áreas de la biotecnología como la proteómica, la clonación, las ciencias forenses (huella de ADN) y para el análisis de muestras ambientales⁸¹.

3.4.4 Espectrometría de masas

Comparable con el desarrollo de los métodos de la resonancia magnética nuclear en décadas pasadas, la espectrometría de masas entró una fase de rápido crecimiento a mediados de los 80's, comenzando con la introducción de simples métodos de ionización como la ionización electrospray (*ESI*, por su sigla en inglés)

⁸¹ PHILLIPS, Teresa. PCR. About.com: Biotech/Biomedical [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://biotech.about.com/od/glossary/g/PCRdef.htm>>.

y *Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization (MALDI)*. La velocidad a la cual la espectrometría de masas se ha extendido en áreas de investigación en las cuales su uso era limitado, es sorprendente. Se destacan en particular las áreas de la bioquímica, la farmacéutica y la investigación médica. Como ejemplo se tienen las estrategias para secuenciar proteínas por medio de la espectrometría de masas, que actualmente se ha convertido en un proceso rápido y rutinario⁸².

3.4.5 Cristalografía

La cristalografía asistida por rayos X es la técnica preferida por los científicos para determinar la estructura de las proteínas y las macromoléculas biológicas. Aquellos interesados en las ramas de las ciencias biológicas requieren cada vez más información sobre la estructura de las moléculas, para esclarecer preguntas que no han tenido respuestas hasta el momento. Más aún, la disponibilidad de la estructura de las proteínas puede proporcionar enfoques más detallados para las investigaciones futuras. La extensión de esta técnica a otros sistemas como los virus, complejos inmunes, y complejos de ácidos nucleicos y proteínas sirven para aumentar el atractivo de la cristalografía para los investigadores. Diseño de drogas basado en la estructura, mutagénesis dirigida, elucidación de los mecanismos enzimáticos y especificidad en las interacciones enlace-proteína son solo algunas de las áreas en las cuales la cristalografía asistida por rayos X ha proporcionado una mayor claridad⁸³.

3.4.6 Nanotecnología

Cuando la nanotecnología se fusiona con la Biotecnología, las posibilidades son inmensas. Se podrían usar partículas del tamaño de la millonésima parte de un

⁸² SCHALLEY, Christoph A. The Expanding Role of Mass Spectrometry in Biotechnology. Journal of the American Society for Mass Spectrometry [review en línea]. 2004, no. 15 [Citado en 09 de febrero de 2009], pp. 625. Disponible en: <http://masspec.scripps.edu/publications/news_art/16_JASMS.pdf>.

⁸³ SMYTH, M. S. y MARTIN, J H J. x Ray crystallography. Journal of Clinical Pathology [en línea]. 2000, vol. 53, no. 1 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 8-14. Disponible en: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1186895>>.

metro en un cuerpo cubierto con cáncer, y llevar una carga de medicina diseñada para eliminar estas células malignas hasta lugares específicos. El “santo grial” consistirá en usar la nanotecnología para aplicaciones terapéuticas. Pero aunque la nanotecnología tiene muchas aplicaciones potenciales, es muy temprano para predecir cuándo llegarán sus aplicaciones comerciales⁸⁴.

Extensas librerías de nanopartículas, conformadas por gran variedad de tamaños, formas y materiales, y con diversas propiedades químicas y superficiales, ya han sido construidas hoy en día. La nanotecnología está bajo un constante y rápido crecimiento, por lo que nuevas incorporaciones continuarán alimentando estas librerías. A continuación se enlistan las clases principales de nanopartículas usadas en la Biotecnología:

- **Fulerenos:** *Buckyballs* y tubos de carbono: Han sido usados en el campo de la biomedicina como transportes de vacunas, drogas y otras moléculas.
- **Liposomas (LIPOSOMES):** Se han empleado extensivamente en las industrias farmacéutica y cosmética debido a su capacidad para romper dentro de las células una vez que su función de transporte ha sido concluida.
- **Nanoshells:** Una de sus aplicaciones en la biomedicina es la absorción de longitudes de onda biológicamente útiles, dependiendo del espesor de la partícula. Han sido usados para eliminar células cancerígenas en ratones.
- **Dendrímeros:** Estas nanopartículas se están abriendo camino en la biomedicina a razón de sus muchos “ganchos” moleculares en su superficie, que se pueden usar para sujetar etiquetas de identificación celular, tintes fluorescentes, enzimas y otras moléculas. Sus aplicaciones

⁸⁴ University of Pennsylvania. Nanotechnology Meets Biotechnology: Science Fiction or Reality? Executive Master's in Technology Management – Online Newsletter [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.seas.upenn.edu/profprog/emtm/insite-spring2006/feature-nanotechbiotech.html>>.

nanomédicas incluyen catalizadores a nanoescala, sensores químicos y agentes para transportar drogas o genes dentro de las células.

- *Quantum dots* o nanocristales (*NANOCRYSTALS*): Se han usado en la Biotecnología para etiquetar células y en las técnicas de imagen médica, particularmente en estudios de imagen médica para el cáncer.
- Nanopartículas Superparamagnéticas: Son usadas en el estudio del transporte a través de membranas y tienen aplicaciones en la administración de drogas y la transfección génica.
- *Nanorods*: Se usan en la nanomedicina para realizar imagen médica y como agentes de contraste.

Las preocupaciones actuales por la seguridad del uso de las nanopartículas han llevado al desarrollo de nuevos campos de investigación, por lo que el conocimiento sobre la interacción de las nanopartículas dentro de las células continúa en rápido crecimiento. A medida que progresa la investigación en esta nueva área de la biotecnología, nuevas nanopartículas serán descubiertas y se encontrarán nuevas aplicaciones en la nanomedicina⁸⁵.

3.4.7 Cromatografía

La cromatografía es la ciencia que estudia la separación de las moléculas basándose en su estructura y/o su composición. La cromatografía se enfoca en la separación de las proteínas para obtener grupos relativamente homogéneos. Las proteínas generalmente son las moléculas objetivo que deben ser purificadas para usarlas como biofarmacéuticos o medicinas, aunque la cromatografía también se puede usar en la separación de otras moléculas importantes como los ácidos nucleicos, los carbohidratos, las grasas, y las vitaminas, entre otras. Una de las metas principales de la biotecnología es la producción de moléculas terapéuticas

⁸⁵ PHILLIPS, Teresa. Nanoparticles Used in Biotechnology. About.com: Biotech/Biomedical [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://biotech.about.com/od/nanotechnology/a/typesnanopart.htm>>.

conocidas como biofarmacéuticos. Los científicos dedicados a la cromatografía utilizan varios tipos de técnicas cromatográficas en la biotecnología, a medida que llevan una molécula desde su etapa de identificación inicial hasta que se convierte en un producto comercializado. La técnica que más se usa es la cromatografía líquida, la cual se usa para separar la molécula objetivo de los contaminantes indeseados y para analizar el producto final y asegurarse que tiene la pureza requerida establecida por grupos regulatorios gubernamentales, como por ejemplo la FDA (*Food and Drugs Administration*)⁸⁶.

3.4.8 Bioinformática

El término Bioinformática es un diminutivo para “informática biológica”, así como Biotecnología lo es para “tecnología biológica”. La Bioinformática es el campo de la ciencia en el cual la biología, la ciencia computacional y la tecnología de la información, se fusionan en una única disciplina, cuya meta principal es posibilitar el descubrimiento de nuevas percepciones biológicas, así como también crear una perspectiva global a partir de la cual se puedan unificar principios y la biología pueda ser discernida. El interés inicial en la Bioinformática surgió de la necesidad de crear bases de datos de secuencias biológicas. Las siguientes constituyen algunas de las principales aplicaciones de la Bioinformática⁸⁷:

- Genómica: genes útiles escogidos de una librería genética pueden ser escogidos estructurados e insertados en otros organismos para su mejoramiento, o genes dañinos pueden ser insertados.
- Proteómica: La proteómica involucra el secuenciamiento de los aminoácidos en una proteína, determinar su estructura tridimensional y relacionarla con la estructura de la proteína. Gran cantidad de datos se

⁸⁶ McKAY, Patrick. An Introduction to Chromatography. Access Excellence [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.accessexcellence.org/LC/SS/chromatography_background.php>.

⁸⁷ JHALA, M. K., et al. Role of Bioinformatics in Biotechnology. Journal of Biotechnology [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://openmed.nic.in/1383/01/Role_of_Bioinformatics_in_Biotechnology.pdf>.

requieren para realizar este tipo de estudios, por lo que la Bioinformática tiene un enorme potencial predictivo y analítico en esta área.

- Quimioinformática y diseño de drogas: Hoy en día es posible, a través de algoritmos computacionales basados en procedimientos bioinformáticos, identificar y modificar estructuralmente un producto natural.

3.4.9 Espectroscopia

La espectroscopia infrarroja es una técnica muy útil para el análisis de estructuras y cambios estructurales en las moléculas. La identificación de muestras desconocidas, análisis del control de procesos, y la evaluación del impacto de las condiciones del solvente y la temperatura en la estructura molecular, son aplicaciones comunes. Con la utilización de algunos tipos de espectroscopia infrarroja, es posible analizar casi cualquier muestra en cualquier condición. El amplio rango de áreas de aplicación para este tipo de espectroscopia incluye análisis clínicos, análisis en investigaciones biotecnológicas e industriales, análisis de aceites combustibles, y análisis en la industria alimenticia⁸⁸.

3.4.10 Biosensores

Un biosensor es un dispositivo que puede realizar medidas precisas de muestras biológicas y bioquímicas en una baja concentración, y convertir una respuesta biológica en una señal eléctrica. El material de respuesta biológica puede ser el metabolismo celular, y reacciones entre antígenos y anticuerpos. Los biosensores representan un campo de investigación de rápida expansión, con una tasa de crecimiento anual estimada en el 60%. Su mayor crecimiento es la industria del cuidado de la salud. Un ejemplo de ello son los detectores del nivel de glucosa en la sangre que usan los diabéticos. Otra aplicación futura de los biosensores es en

⁸⁸ SNABE, Torben y PETERSEN, Steffen Björn. Application of infrared spectroscopy (attenuated total reflection) for monitoring enzymatic activity on substrate films. *Journal of Biotechnology* [en línea]. 2002, vol. 95, no. 2 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 144-155. Disponible en: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/66004856/abstract>>.

el análisis de ADN. La investigación y desarrollo en este campo es amplia y multidisciplinaria, e incluye áreas como la ciencia de biorreactores, físico-química, electrónica, e ingeniería de *software*⁸⁹.

3.4.11 Citometría de flujo

La citometría de flujo es un método general para analizar velozmente una gran cantidad de células de manera individual usando la dispersión de luz, fluorescencia, y mediciones de absorción. El poder de esta técnica recae en el amplio rango de parámetros celulares que pueden ser determinados y en la capacidad de conseguir información sobre cómo estos parámetros están distribuidos en la población celular. Los ensayos de la citometría de flujo han sido desarrollados para determinar características celulares como el tamaño, el potencial de la membrana, y el pH intracelular, así como también los niveles de componentes celulares como: ADN, proteínas, receptores celulares y calcio. Las mediciones que revelan la distribución de estos parámetros en las poblaciones celulares son importantes para la Biotecnología debido a su mejor descripción de la población, comparadas con los valores obtenidos regularmente con las técnicas tradicionales⁹⁰.

3.4.12 Fermentación

La fermentación es una de las biotecnologías más antiguas usadas por el hombre, principalmente en la preparación de alimentos.

El uso del **Cultivo por Lote Alimentado** en la industria de la fermentación se aprovecha del hecho de que la concentración del sustrato limitado puede ser mantenida en un nivel muy bajo y de esta manera se evitan los efectos represivos

⁸⁹ PRIYANKA, K. y SOUJANYA, K. BIOSENSORS- The fastest growing sector in biotechnology. Letzknow! [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://letzknow.com/abstractdetail.aspx?id=562>>.

⁹⁰ RIESEBERG, Marco, et al. Flow cytometry in biotechnology. Applied Microbiology and Biotechnology [en línea]. 2001, no. 56 [Citado en 09 de febrero de 2009], pp. 350-360. Disponible en: <<http://www.springerlink.com/content/u3pd5wjxdhldyurb/fulltext.pdf>>. ISSN 0175-7598.

de una alta concentración de sustrato. Así se puede controlar la tasa de crecimiento de los organismos y consecuentemente controlar la demanda de oxígeno de la concentración. Actualmente la mayoría de los bioprocesos, incorporan ajustes en el medio para controlar las condiciones y proveer los nutrientes y compuestos que promuevan la biosíntesis del producto deseado en la fermentación. Algo que impulsó el cultivo por lote alimentado fueron los desarrollos en la producción de la penicilina⁹¹. La *Saccharomyces cerevisiae* es producida industrialmente usando las técnicas de cultivo por lote alimentado para mantener la glucosa a muy baja concentración, maximizando el rendimiento de la biomasa y minimizando la producción de etanol⁹².

La **Fermentación en Estado Sólido** es usada para la producción de enzimas y metabolitos secundarios, asociados con la etapa estacionaria del crecimiento microbiano. Son producidos a escala industrial para aplicaciones en la agricultura y en el tratamiento de enfermedades⁹³.

3.4.13 Embriogénesis Somática

La embriogénesis somática es una importante técnica de clonación que tiene aplicación en la biotecnología forestal. Un embrión de un árbol se desarrolla en el laboratorio y es usado para generar nuevos árboles, que son idénticos genéticamente. La ingeniería genética es otra importante biotecnología, que se puede usar para modificar los genes de los árboles y de esta manera desarrollar o

⁹¹ Rensselaer Polytechnic Institute. Fed Batch Systems [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/FERMENT/fedbat.htm>>.

⁹² FERREIRA'S, Gisela. Fed-Batch Fermentations - Some examples of fed-batch use in Industry. Gisela Ferreira's Home Page [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://userpages.umbc.edu/~gferre1/fedbatch.html>>.

⁹³ SINGH D., Robinson y NIGAM., P. Fermentación en estado sólido: Una tecnología microbiana promisorio para la producción de metabolitos secundarios / Fermentation in solid state: A promissory microbial technology for the production of secondary metabolites. Pesquisa em bases de dados [en línea]. 2002 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=353599&indexSearch=ID>>

mejorar características deseadas específicas de un árbol. Esto es logrado exponiendo tejido del árbol a la radiación, la cual puede cambiar el material genético, y luego se escogen los árboles que posean la característica deseada. Los genes también pueden ser introducidos al genoma del árbol por medio de técnicas más específicas como la microinyección, la electroporación y bombardeo con microproyectiles. Actualmente los investigadores estudian maneras de desarrollar brotes somáticos de una forma económica, con la meta de estandarizar un método para aplicarlo en la industria⁹⁴.

3.5 LA BIOTECNOLOGÍA A NIVEL INTERNACIONAL

Desde hace algunas décadas los países industrializados, identificaron la biotecnología como un área estratégica para el desarrollo, el crecimiento productivo y la competitividad. Algunos la definen como el conjunto de aplicaciones científicas usadas en diferentes sectores, que implican el uso de organismos vivos o sus partes para proveer nuevos métodos de producción y nuevas formas de mejorar la calidad de vida de las sociedades.

3.5.1 Mercado internacional de la Biotecnología⁹⁵

La mayoría de las compañías biotecnológicas son jóvenes empresas en desarrollo de sus primeros productos y dependen del capital de los inversionistas para su supervivencia. De acuerdo con *BioWorld* la biotecnología atrajo más de US\$24.8 billones para su financiamiento en el 2007 y recaudó más de US\$100 billones en el lapso de tiempo transcurrido entre el 2003 y el 2007.

Algunos factores direccionan el mercado de la biotecnología a nivel mundial:

⁹⁴ BioBasics. The Role of Biotechnology in Somatic Embryogenesis. Somatic Embryogenesis [en línea]. [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=799>>.

⁹⁵ Biotechnology Industry Organization (BIO). Biotechnology Industry Facts. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

- El interés por la eficiencia terapéutica.
- Seguridad y calidad del suministro de comida.
- Creciente preocupación por la contaminación ambiental.

La industria de la Biotecnología es reconocida como una de las que más requieren inversión de capital e investigación. La habilidad para conseguir capital de inversión determina el crecimiento de la industria. La gran mayoría de las compañías no pueden depender de las ganancias provenientes de sus productos, debido al tiempo requerido para lanzar nuevos productos al mercado. Por esta razón, la industria se vale de los capitales de riesgo y la inversión pública, *joint ventures* y asociaciones con otras compañías, y así poder conseguir el dinero que impulsa el crecimiento de la industria. La regulación continuará siendo un factor clave que determine el crecimiento de la industria de la Biotecnología, especialmente para productos basados en la tecnología de ADN recombinante. Se espera que en los próximos años la industria mundial de la Biotecnología tenga un progreso importante debido a las fundaciones privadas, redes colaborativas de investigación, y oportunidades comerciales.

3.5.2 La Biotecnología en los países industrializados

La industria de la biotecnología es regulada en Estados Unidos por la FDA (*U.S. Food and Drug Administration*), la EPA (*Environmental Protection Agency*) y el USDA (*United States Department of Agriculture*). La capitalización de mercado, el valor total de las acciones de las compañías biotecnológicas de los Estados Unidos a precio de mercado, fue de US\$360 billones al final de abril del 2008⁹⁶.

Aunque la industria de los Estados Unidos lidera el mercado mundial de la Biotecnología en lo que concierne a descubrimientos y ventas de productos, Japón, Asia y Europa se encuentran coordinando recursos del gobierno,

⁹⁶ *Ibíd.*

industriales y académicos para el desarrollo de la Biotecnología y de esta manera poder estructurar una red tecnológica soportada por el gobierno⁹⁷.

3.5.3 La Biotecnología en Latinoamérica⁹⁸

El problema de Latinoamérica para adaptar las políticas que provienen de Estados Unidos, provoca un cuestionamiento de la validez de su sistema, ocasionando modificaciones en el funcionamiento del mismo. El gobierno y los organismos internacionales (FAO, FMI, BID, BM), simplifican la apatía hacia la biotecnología a un simple desconocimiento de la comunidad: "Aunque hay poca controversia sobre muchos de los aspectos de la biotecnología y su aplicación, los organismos modificados genéticamente han llegado a ser objeto de un debate muy intenso y, a veces, con gran carga emocional"⁹⁹. Aseveraciones como esta contradicen documentos de la Unión Europea en los que se resalta el valor de informar a la sociedad, invitando a la misma a participar, y considerando las dudas de la comunidad en las disertaciones sobre el desarrollo de la biotecnología.

Latinoamérica posee gran parte de la biodiversidad mundial, un 40% de las especies vegetales y animales del planeta. Es el centro de muchas variedades agrícolas y es el continente con mayor diversidad florística del mundo; cuenta además con solo el 8% de la población mundial.

Los recursos de la región para afrontar el incremento de la demanda interna son abundantes, ya que posee las mayores reservas de tierra cultivable del mundo. La situación es especialmente positiva en los países del cono sur donde se genera

⁹⁷ PRWeb. Long-Term Investments Remain Critical to Biotechnology Industry Growth, According to a New Report by Global Industry Analysts. PRWEB PRESS RELEASE NEWSWIRE. (11 de Sept., 2008) [en línea]. [Citado en 25 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.prweb.com/releases/2008/9/prweb1313974.htm>>

⁹⁸ BOTA ARQUÉ, Alexandre. El impacto de la biotecnología en América Latina. Espacios de participación social. Acta Bioethica [en línea]. Vol. 9, No. 1. (2003). [Citado en 29 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.scielo.cl/pdf/abioeth/v9n1/art03.pdf>>. ISSN 1726-569X.

⁹⁹ FAO. Biotechnology in Food and Agriculture. [en línea]. [Citado en 29 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp>>.

excedente alimentario, que es exportado a otros países. El grado de tecnificación y de utilización de abonos y agroquímicos es menor que en Estados Unidos.

3.6 LA BIOTECNOLOGÍA EN COLOMBIA

Las primeras actividades para consolidar un programa de Ciencia y Tecnología para la Biotecnología en Colombia tuvieron lugar en el año de 1986, cuando se formó un grupo de trabajo y se elaboraron los primeros documentos sobre un Programa Nacional de Biotecnología. Antes de 1991, se realizaban esfuerzos en el área de la biotecnología, pero se hacían de manera aislada, es decir, Universidades, Institutos, Centros de Investigación y algunas empresas innovadoras trabajaban por separado, y debido a intereses de particulares¹⁰⁰.

En 1991 mediante el Acuerdo número 1 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, se creó el Programa Nacional de Biotecnología (PNB), como un componente del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, cuya secretaría técnica se encuentra a cargo de Colciencias¹⁰¹.

Desde que se creó el Programa Nacional de Biotecnología (PNB) en 1991, Colombia ha continuado con el fortalecimiento y desarrollo de su capacidad científica en esta área.

Los estudios efectuados en Colombia indican que el país cuenta con una infraestructura básica, y con tradición en los campos de la agricultura y la salud. Además, pese a que no se cuentan con muchos recursos, la cantidad de

¹⁰⁰ CASTELLANOS DOMÍNGUEZ, Óscar Fernando; JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, Claudia Nelcy y MONTAÑEZ FRANCO, Víctor Mauricio. Antecedentes y evolución de la biotecnología en Colombia. Generación de política pública en biotecnología a partir de un modelo de inteligencia tecnológica [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa1/m01p18.pdf>>.

¹⁰¹ *Ibíd.*

propuestas presentadas al PNB han venido aumentando con el tiempo, lo que es una clara señal del incremento de la comunidad biotecnológica colombiana¹⁰².

Con la ayuda del PNB se han realizado seguimientos y asesorías a los grupos de investigación, y con algunas estrategias como la financiación por medio de convenios internacionales, acuerdos de cooperación con centros y grupos de excelencia, apoyo de universidades y empresas privadas, y financiación para la creación de nuevas empresas, se ha estructurado una plataforma científica que todavía no ha logrado todo su potencial¹⁰³.

La relevancia estratégica que tiene la Biotecnología para Colombia, facilitó la creación del Programa Nacional de Biotecnología. En los últimos años, el programa centró su atención en cinco áreas¹⁰⁴:

1. Apoyo a la consolidación de la comunidad de la Biotecnología.
2. Fortalecimiento de la cooperación internacional.
3. Gestión y seguimiento de proyectos.
4. Definición de marcos regulatorios.
5. Definiciones de política y direccionamiento estratégico de la Biotecnología.

3.6.1 Política en Biotecnología¹⁰⁵

La secretaría técnica del PNB ha estado trabajando en la propuesta de políticas y en la definición de líneas de acción desde la creación del programa. Estas políticas se deben adecuar a los avances tecnológicos que se presentan a diario en el mundo en el área de la Biotecnología, para aprovechar las oportunidades que se generen. Las líneas de acción de las que se derivaron las actividades a realizar del PNB fueron establecidas en 1997, y en 1998 conllevaron a formular el

¹⁰² Agro-Bio. Nuevos centros de investigación biotecnológica en India. Agro-Bio [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.agrobio.org/index.php?id=7175&option=com_content&task=view>.

¹⁰³ Ibíd.

¹⁰⁴ CASTELLANOS DOMÍNGUEZ, Óscar Fernando;... Op. cit.

¹⁰⁵ Ibíd. Definición de política en biotecnología.

“Plan Estratégico del Programa Nacional de Biotecnología 1999-2000”. Este proyecto sirvió como herramienta de planeación y así poder definir las líneas de acción y las prioridades investigativas.

En Colombia se han presentado algunos estudios, iniciativas y acciones desde el año 2000, como las siguientes¹⁰⁶:

- El Programa Nacional Exportador de Nuevas Tecnologías del Ministerio de Comercio Exterior en el año 2000, que incluyó la Biotecnología entre las áreas claves.
- La propuesta de una Política Industrial en Biotecnología, trabajo liderado por el grupo de Biogestión de la Universidad Nacional de Colombia y elaborado en equipo con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, y Colciencias.
- La iniciativa de Biocomercio del Instituto Alexander von Humboldt. La meta principal de esta iniciativa era formular y llevar a cabo instrumentos que estimularan el comercio y la inversión en servicios y productos de la biodiversidad.
- La propuesta del Ministerio de Ambiente de formular un Programa Nacional de Bioprospección Continental y Marina.
- El estudio del Mercado Nacional de los Recursos de la Biodiversidad, iniciado en el 2002 por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, para agregar valor y aprovechar estos recursos.

Los anteriores factores llevaron a la conclusión de que la Biotecnología tiene una gran importancia en el incremento de la competitividad del país y es fundamental una política de Estado que garantice su desarrollo. Esto impulsó al Departamento Nacional de Planeación (DNP) a contratar una consultoría que elaborara un documento para la formulación de una política nacional en biotecnología. Como

¹⁰⁶ Ibíd.

resultado se definió a la Biotecnología como un área estratégica para el desarrollo y la competitividad del país en el Plan Nacional de Desarrollo 2002 – 2006, hacia un Estado Comunitario (Ley 812 de 2003):

“Con el propósito de aprovechar las oportunidades que ofrece la Biotecnología para el crecimiento, la competitividad y el desarrollo del país, se adoptará una política integral que incluya: el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica nacional alrededor de proyectos estratégicos, tanto desde el punto de vista productivo, como científico; el mejoramiento de los instrumentos de fomento de la innovación tecnológica existentes; la creación de mecanismos para promover el desarrollo y competitividad empresariales en el campo de los bienes y servicios biotecnológicos; el aumento de la capacidad nacional para mejorar y aplicar el marco legal; y el desarrollo de una estrategia para la divulgación y la comprensión de la opinión pública acerca de los beneficios y los riesgos asociados a la biotecnología”.

3.6.2 Potencial de la Biotecnología para Colombia

Colombia posee gran tradición en ciencias asociadas a la Biotecnología, como lo son la biología, la medicina y la agricultura, además tiene un alto número de grupos de investigación y empresas interesadas en la Biotecnología, así como también suficientes recursos genéticos y en biodiversidad. Lo anterior permite notar todo el provecho que Colombia pudiera obtener de esta área si se articularan adecuadamente todos sus recursos.

La biotecnología constituye un gran potencial para Colombia por su efecto global, mientras que sus aplicaciones se presentan en áreas como la salud, medicina,

agricultura, medio ambiente, energía y minería, y la creciente necesidad de disponer con mejores medicinas y alimentos más saludables¹⁰⁷.

¹⁰⁷ Colciencias. La biotecnología: sector estratégico para la Colombia del 2015. Centro Virtual de Noticias [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-161751.html>>.

4. DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA PASANTÍA

El proyecto cuenta con dos secciones principales: la primera dedicada a la Vigilancia y Prospectiva Tecnológica, y la segunda dedicada a la Prospectiva Estratégica (Análisis estructural). Además se realiza un Estado del Arte a lo largo de todo el documento. Este capítulo se complementa con el Capítulo 2: “Marco teórico”, presentando los detalles de la teoría llevados a la práctica.

4.1 PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

Esta sección cuenta con tres partes principales: Análisis de Capacidades Nacionales, Análisis de Publicaciones, y Análisis de Patentes.

4.1.1 Análisis de Capacidades Nacionales

Las Capacidades Nacionales están conformadas esencialmente por dos elementos constitutivos a saber: La investigación (Grupos de Investigación) y la oferta educativa¹⁰⁸.

4.1.1.1 Grupos de Investigación

Para la medición de La Investigación se ha tenido en cuenta la información disponible en la Red SCIENTI de COLCIENCIAS acerca de los grupos de investigación registrados y que están asociados al Programa Nacional de Biotecnología (PNB) como programa principal, así como los grupos de investigación reconocidos vinculados al PNB como programa secundario. También es necesario aclarar que todos los grupos de investigación pertenecientes a la Universidad Industrial de Santander (UIS), que han declarado en consulta interna

¹⁰⁸ BAQUERO HAEBERLIN, Irma...et al. Bioinsumos. Colombia: Programa Nacional de Biotecnología, Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias, 2007. Pág. 69.

tener una relación directa o indirecta con el área en cuestión, han sido incluidos dentro del análisis sin importar su afiliación a otros programas nacionales de ciencia y tecnología. La base de datos resultado de la recolección de información tiene fecha de corte a septiembre de 2008.

Proceso de Búsqueda: A modo de resumen y para la fácil comprensión del proceso de búsqueda, se ha diseñado un diagrama explicativo en el Anexo 4, a partir de las actividades realizadas y los criterios usados, para garantizar la relevancia y pertinencia de la información.

De los **286** grupos inicialmente tenidos en cuenta para la investigación, 10 grupos correspondientes a la categoría de registrados fueron excluidos en vista de que no poseían producción, sector de aplicación, líneas de investigación, ni contacto (correo electrónico o página web) para verificar su existencia, y tres adicionales que pertenecían a la misma categoría, pero tenían doble registro. Un total de **273** grupos de investigación conforman la población de este trabajo investigativo.

Con los 273 grupos de investigación escogidos se analizaron aspectos como su fecha de creación, el departamento y la institución a la que pertenecen, su sector de aplicación, sus alianzas, sus productos y el nivel de estudio de sus integrantes (masa crítica).

4.1.1.2 Oferta Educativa

La información de carácter público acerca de los programas de formación ofrecidos por las instituciones educativas asociados a la Biotecnología, proviene del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES), y es el insumo usado para determinar la oferta educativa en el país.

Búsqueda Preliminar

Esta búsqueda preliminar se realizó en septiembre de 2008. Se incluyeron dentro de este análisis todos los programas de formación que estuvieran asociados de

manera explícita a la Biotecnología. Todas las áreas definidas por SNIES han hecho parte de la búsqueda, así como también todos los departamentos, órdenes, y metodologías; el nivel de formación escogido fue el universitario, y el carácter académico fueron las universidades e instituciones universitarias; los anteriores son los campos determinados por el motor de búsqueda de esta base datos de acceso público. Además se limitó la búsqueda a las instituciones que tenían grupos de investigación en el área de la Biotecnología.

Con los programas de formación utilizados, se extrajeron las estadísticas de las instituciones y los departamentos a los que pertenecen.

Búsqueda Exhaustiva

Esta búsqueda exhaustiva se efectuó en octubre de 2008, y tiene como propósito ampliar el panorama de los programas de formación encontrados en la búsqueda preliminar. En la búsqueda realizada para encontrar los diferentes grupos de investigación relacionados con la biotecnología, se registraron las páginas web de las universidades a la que pertenecían los grupos de investigación. Esta información fue utilizada para encontrar el programa correspondiente del grupo, y de esta manera poder determinar los programas de formación que sustentan la investigación en biotecnología para Colombia.

Para establecer la oferta educativa en esta búsqueda se hizo consulta en la base de datos del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES). Los niveles de formación utilizados son: universitario, especialización, maestría y doctorado; y los tipos de carácter académico usados fueron: universidades e instituciones universitarias.

Se encontraron un total de **477** programas de formación asociados a las universidades por los grupos de investigación. Con estos programas se analizaron aspectos como las instituciones y los departamentos a los que pertenecen, sus áreas temáticas, y su nivel de formación.

4.1.2 Análisis de Publicaciones

Este análisis se llevó a cabo en tres niveles: publicaciones internacionales, publicaciones nacionales, y publicaciones de la UIS.

4.1.2.1 Análisis de publicaciones internacionales

Para realizar la búsqueda de artículos publicados a nivel internacional se utilizó *ISI Web of Knowledge* [v.4.3]¹⁰⁹. La base de datos de ISI tiene las siguientes características:

- Un límite máximo en el número de artículos encontrados igual a 100000.
- Consulta en alguna de las tres siguientes bases de datos, en un periodo de tiempo que no llega a más atrás de 1990:
 1. *Science Citation Index Expanded* (SCI-EXPANDED).
 2. *Social Sciences Citation Index* (SSCI)
 3. *Arts & Humanities Citation Index* (A&HCI)

Inicialmente se realizó una búsqueda con la palabra **BIOTECHNOLOGY** (Biotecnología) como tópico, para realizar un análisis general. El campo de búsqueda **Topic** (Tópico) en la base de ISI realiza (automáticamente) un examen en cada **Title** (Título), **Abstract** (Resumen) y **Keywords** (Palabras clave) de cada registro contenido en la base de datos.

Los resultados obtenidos en esta Búsqueda Preliminar fueron obtenidos directamente de las herramientas para el análisis que proporciona la base de ISI, sin la ayuda de ningún software para el análisis bibliométrico.

Una vez realizada esta Búsqueda Preliminar, se procede a efectuar una Búsqueda Avanzada con una Ecuación de Búsqueda específica, aceptada por un experto en el tema. La Ecuación fue avalada por el Doctor Jairo René Martínez, que es uno

¹⁰⁹ ISI WEB OF KNOWLEDGE [Base de datos en línea]. Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&SID=3AHj762MdL3AgD%40HF9p&search_mode=GeneralSearch>.

de los expertos en el tema, lo que otorga mayor credibilidad a la ecuación. Una vez aprobada la ecuación, se procede a crear el archivo de texto plano para su posterior análisis en el *software Matheo Analyzer*.

Búsqueda Preliminar

Esta búsqueda preliminar no pretende ser exhaustiva en su análisis, sino simplemente visualizar superficialmente el panorama internacional. En la Tabla 2 se encuentra la declaración de búsqueda utilizada. Esta búsqueda fue realizada en octubre de 2008.

Tabla 2. Declaración de Búsqueda Preliminar

Topic= (BIOTECHNOLOGY)

Timespan=All Years. Databases=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI.
--

Fuente: Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Se encontraron un total de **8873** publicaciones. Posteriormente se refinó la búsqueda a solo **Article** (Artículo) y Reviews (Artículos de revisión), para obtener un total de **7597** publicaciones. Con estas publicaciones se analizó el año de publicación, el lenguaje original de publicación y los países líderes en publicaciones.

Búsqueda Avanzada

Esta pesquisa pretende realizar un “barrido” más focalizado sobre la biotecnología. Para efectuar esta búsqueda, se construyó la Ecuación de Búsqueda que se observa en la Tabla 3.

La ecuación indaga en publicaciones de todo tipo, desde enero del año 2004 hasta lo que ha transcurrido del 2008 (La ecuación fue utilizada en la base de datos de la ISI el día 6 de noviembre de 2008 y ese mismo día se creó el archivo de texto plano). La búsqueda la realiza por el campo TS (Tópico), esto quiere decir que

busca tanto en el título del artículo, como en el resumen y en las palabras clave, lo que requiere la ecuación.

Tabla 3. Ecuación de Búsqueda para Publicaciones Internacionales

TS= ("BIOACTIVE COMPOUND*" AND BIOTECHNOLOG*) OR (("TRANSGENIC* PLANT*" OR "TRANSGENIC* ANIMAL*") AND BIOTECHNOLOG*) OR (METABOLOMIC* AND BIOTECHNOLOG*) OR (BIOINFORMATIC* AND BIOTECHNOLOG*) OR (BIOPHARMACEUTIC* AND BIOTECHNOLOG*) OR (BIOFUEL* AND BIOTECHNOLOG*) OR (BIOREMEDIATION* AND BIOTECHNOLOG*) OR (BIOPESTICIDE* AND BIOTECHNOLOG*) OR (DIAGNOSTIC* SAME BIOTECHNOLOG*) OR (BIOSENSOR* AND BIOTECHNOLOG*) OR (FERMENT* AND BIOTECHNOLOG*) OR (PROTEOM* AND BIOTECHNOLOG*) OR (GENOM* AND BIOTECHNOLOG*) OR (CARCINOM* AND BIOTECHNOLOG*) OR (AGR* AND BIOTECHNOLOG*) OR ("IN VITRO" AND BIOTECHNOLOG*) OR (CELL* SAME BIOTECHNOLOG*) OR (CLON* AND BIOTECHNOLOG*) OR (ADN AND BIOTECHNOLOG*) OR ((VIRAL* OR VIRUS*) AND BIOTECHNOLOG*) OR (TISSUE* AND BIOTECHNOLOG*) OR (ENZYM* AND BIOTECHNOLOG*) OR ((AGRIC* OR AGROIND*) AND BIOTECHNOLOG*)) AND PY=(2004-2008)
--

Fuente: Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

La ecuación está subdividida en pequeños grupos de palabras. Cada grupo de palabras contiene la palabra BIOTECHNOLOG* (lo que asegura que todas las publicaciones contienen algo relacionado con la Biotecnología) y alguna(s) palabra(s) clave(s) relacionada(s) con el tema. Las palabras clave relativas al ámbito de la Biotecnología usadas en la ecuación de búsqueda, fueron extraídas de un informe de Vigilancia Tecnológica realizado por el Círculo de Innovación en Biotecnología – CIBT¹¹⁰ y del libro “La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015: Contexto internacional de la biotecnología”¹¹¹. Estas palabras fueron traducidas al idioma inglés para poder usarlas en la búsqueda. El resultado de esta búsqueda es un total de **4566** publicaciones. En esta búsqueda se tomaron todos los tipos de publicaciones que arrojó la base de datos de ISI, sin usar ningún tipo de filtro.

¹¹⁰ Círculo de Innovación en Biotecnología – CIBT. PROPIEDAD INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL ÁMBITO DE LA BIOTECNOLOGÍA (2006). Informe de Vigilancia Tecnológica. *madri+d* [en línea]. [citado en 8 de octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/informacionIdi/analisis/opinion/default.asp?id=35361>>.

¹¹¹ INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” COLCIENCIAS. La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015: Contexto internacional de la biotecnología. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS, 2008. p. 174-186.

Para analizar las temáticas relevantes en el área de la Biotecnología, se utilizó el campo ID de la base de datos de ISI. En este campo se encuentran las *KEYWORDS PLUS*, que son palabras clave de cada publicación propuestas por la misma ISI. Las palabras fueron filtradas y agrupadas con la ayuda del *software MATHEO ANALYZER*. Las palabras sin importancia para el estudio fueron eliminadas y las que correspondían a una terminología de una temática en particular fueron puestas en subconjuntos para poder realizar cruces con otras temáticas y tener una visión más clara del panorama general. Los subconjuntos fueron agrupados según los conocimientos adquiridos en el estado del arte...Véase el Capítulo 3...

4.1.2.2 Análisis de publicaciones nacionales

Para la búsqueda de publicaciones asociadas a la biotecnología en Colombia se usó la base de datos en línea *SCOPUS*¹¹²; con un permiso concedido por la empresa *ELSEVIER* por un mes. Esta base de datos posee las siguientes características:

- Una amplia e integrada cobertura de literatura técnica y científica a nivel mundial, revisada por expertos en el área.
- Más de la mitad de los contenidos de *SCOPUS* son originados en Europa, Latinoamérica y la región del pacífico de Asia.
- Las referencias van tiempo atrás hasta 1996. 70% de todos los registros de *SCOPUS* tienen un resumen.

SCOPUS no ofrece la posibilidad de exportar sus datos a formato de texto plano (.txt) razón por la que no puede ser utilizado el *software Matheo Analyzer* (que fue usado para el análisis de publicaciones internacionales). La información ofrecida por la base de datos fue ordenada para el análisis estadístico en el *software*

¹¹² [Base de datos en línea]. Disponible en: <<http://www.scopus.com>>. [Consultada en febrero de 2009].

Microsoft Excel. También se hizo uso de un *software* para el desarrollo de mapas conceptuales llamado *Freemind*, con el propósito de ilustrar y organizar gráficamente las temáticas y sus palabras clave.

SCOPUS posee cuatro categorías que son ciencias de la vida, ciencias sociales, ciencias físicas y ciencias de la salud. Estas están compuestas a su vez por 26 temas, dentro de los cuales se exploró por medio de una ecuación de búsqueda. La base de datos extrae las palabras claves de los documentos y además las clasifica dentro de alguno de los 26 temas. Sin embargo es necesario un trabajo de depuración que permita observar con mayor claridad los temas y las áreas a las que pertenecen.

Un aspecto que es importante aclarar son los tipos de documentos usados dentro de este análisis. En el Anexo 5 se muestra una tabla con las denominaciones empleadas por *SCOPUS*.

Para extraer las publicaciones científicas en biotecnología afiliadas con Colombia en la base de datos *SCOPUS* se usó la ecuación de búsqueda que se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Ecuación de Búsqueda para Publicaciones Nacionales

(TITLE-ABS-KEY(bioactive compound* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(transgenic* plant*) OR TITLE-ABS-KEY(transgenic* animal*) OR TITLE-ABS-KEY(metabolic* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(bioinformatic*) OR TITLE-ABS-KEY(biopharmaceutic*) OR TITLE-ABS-KEY(biofuel* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(bioremediation*) OR TITLE-ABS-KEY(biopesticide*) OR TITLE-ABS-KEY(diagnostic* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(biosensor* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(ferment*) OR TITLE-ABS-KEY(proteom*) OR TITLE-ABS-KEY(genom*) OR TITLE-ABS-KEY(carcinom* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(agr* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY("in vitro" AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(cell* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(clon* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY((adn OR arn) AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(viral* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(virus*) OR TITLE-ABS-KEY(tisuee* AND biotechnolog*) OR TITLE-ABS-KEY(enzym* AND biotechnolog*)) AND PUBYEAR AFT 1998 AND AFFIL(Colombia)

Fuente: Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Esta ecuación es en esencia, la misma ecuación usada para las publicaciones internacionales, pero se ha restringido de tal manera que sólo incluya a los autores

cuya dirección contenida en los campos de *AFFILCITY* (ciudad de afiliación), *AFFILCOUNTRY* (país de afiliación) y *AFFILORG* (País afiliación de la organización), estén vinculados con Colombia.

El intervalo de tiempo para el cual se ha realizado el análisis de publicaciones inicia a partir de enero de 1998 hasta marzo de 2009. En la mayoría de las estadísticas no se tiene en cuenta el 2009 (es el año en curso y no se tienen resultados definitivos, lo cual generaría distorsión en las conclusiones del análisis final). La ecuación fue utilizada en la base de datos de *SCOPUS* el día 2 de marzo de 2009 después de varias búsquedas preliminares que ayudaron a dar forma al informe definitivo.

La búsqueda generó un total de **891** publicaciones entre artículos, reseñas, conferencias, editoriales, cartas, notas, estudios cortos y artículos aceptados para publicación pero sin asignación de número de revista. Con estas publicaciones se analizaron aspectos como la dinámica de publicación, las revistas más importantes, los autores principales, las instituciones con mayor número de publicaciones, los lenguajes en que se publican los artículos, y las temáticas encontradas.

4.1.2.3 Análisis de publicaciones UIS

Para realizar este análisis, se tuvieron en cuenta los artículos publicados por los investigadores de la UIS en el periodo comprendido entre el 1° enero del año 2004 y el 31 de diciembre del año 2008. Los artículos fueron proporcionados por el Sistema de Recursos Humanos de la UIS, y se encontraban en archivos de *Microsoft Excel*, en conjunto con todos los artículos publicados en cada año. Así mismo, fueron ordenados para su análisis estadístico en el *software Microsoft Excel*.

Se escogieron los archivos relacionados con la biotecnología según el título del artículo (única información disponible para asociar la publicación) y se separaron

del conjunto total. Una vez separados, se les asignó una temática de la biotecnología para realizar las estadísticas.

Se seleccionaron un total de **213** artículos, y se extrajeron las estadísticas del número de publicaciones por autor, las colaboraciones entre autores, y las temáticas de los artículos.

4.1.3 Análisis de patentes

En el documento de una patente, varias secciones pueden ser analizadas para conectar la patente con una tecnología relevante: el sistema internacional de clasificación de patentes (*International Patent Classification system - IPC*) y el sistema nacional para la clasificación de patentes; el título de la invención; el resumen que describe la invención y la lista de reivindicaciones (*claims*). Uno o varios códigos de clasificación son atribuidos durante el proceso de examen de la patente.

De cualquier modo, para las tecnologías emergentes, una categoría o clase específica puede no haber sido incorporada aun en los sistemas de clasificación de patentes, lo que dificulta la identificación de las patentes relacionadas con dichas tecnologías. Por lo tanto, para seleccionar patentes relacionadas con un dominio tecnológico específico se puede buscar en las clases y subclases del IPC, y/o buscar por las palabras clave adecuadas entre los campos de texto del documento de la patente. Este método podría excluir, o incluir patentes que son, o no son, relevantes para un dominio específico, pero posibilita sin embargo, un panorama relativamente bueno de actividad innovadora en un campo tecnológico¹¹³.

¹¹³ OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD PATENT DATABASES IDENTIFYING TECHNOLOGY AREAS FOR PATENTS [en línea]. [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/34/34/40807441.pdf>>.

La *OECD (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT)* ha desarrollado una definición particular de la Biotecnología y una lista de patentes basada en dicha definición. Esta definición tiene cobertura sobre toda la biotecnología moderna, y también cubre actividades tradicionales o adyacentes. Por esta razón esta definición siempre debe acompañar a la lista. La definición de la biotecnología es la siguiente:

“La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para alterar materiales vivos o sin vida para la producción de conocimiento, bienes y servicios”.

La lista basada en la definición de la biotecnología incluye siete categorías, y a los solicitantes se les da por lo general una opción escrita para incluir las nuevas biotecnologías que no encajen en alguna de estas categorías. Una firma que reporta actividad en una o más de estas categorías es definida como una firma biotecnológica¹¹⁴.

Para la búsqueda y recolección de las patentes que conciernen al área de la Biotecnología, se hace uso del *software MATHEO PATENT®*. Este programa permite realizar pesquisas en dos bases mundiales de patentes de gran importancia:

- *European Patent Office (EPO)*¹¹⁵: La EPO otorga las patentes europeas de los estados que firmaron el convenio de la Concesión de Patentes Europeas (1973). En el año de 1988 los estados pertenecientes a la Organización Europea de Patentes y la Comisión Europea fundaron el

¹¹⁴ OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Patents in biotechnology. COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS [en línea]. 2008 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/5/19/37569377.pdf>>.

¹¹⁵ Círculo de Innovación en Biotecnología – CIBT. PROPIEDAD INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL ÁMBITO DE LA BIOTECNOLOGÍA (2006). Informe de Vigilancia Tecnológica. En: *madri+d* [en línea]. [Citado en 23 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/informacionldi/analisis/opinion/default.asp?id=35361>>.

portal de acceso libre para la consulta de patentes: esp@cenet. La esp@cenet dispone de más de 50 millones de patentes en internet para la consulta, en la siguiente dirección: <http://ep.espacenet.com>. En esta dirección se pueden encontrar tres bases de datos: “Worldwide”, en la que se encuentran patentes concedidas en todo el mundo; “esp@cenet-EPO” donde están las patentes europeas; y “WIPO” (*World Intellectual Property Organization*) para la consulta de solicitudes por vía PCT (Tratado de Cooperación en materia de Patentes). De estas tres bases de datos, MATHEO PATENT® permite utilizar “Worldwide”, que es la única que posibilita la búsqueda por palabras clave en los campos del título y el resumen.

- *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*¹¹⁶: La USPTO dispone de archivos de patentes desde hace aproximadamente 200 años y cuenta con más de 7 millones de documentos, que pueden consultarse en internet en la dirección: www.uspto.gov/patft/index.html. Esta base de datos tiene dos opciones: búsqueda y descarga de las patentes concedidas desde 1976; y acceso a las solicitudes de patentes publicadas desde marzo del 2001. MATHEO PATENT® permite la búsqueda en cualquiera de las dos opciones.

Se indagaron y descargaron las patentes concedidas que se encuentran en la base de patentes *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la USPTO. Las patentes se buscan por los códigos IPC que se encuentran en el Anexo 111, en un rango de tiempo que comprende desde Enero 1 del 2004 hasta Diciembre 31 del 2008.

¹¹⁶ Círculo de Innovación en Biotecnología – CIBT. PROPIEDAD INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL ÁMBITO DE LA BIOTECNOLOGÍA (2006). Informe de Vigilancia Tecnológica [en línea]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/informacionIldi/analisis/opinion/default.asp?id=35361>>. [Citado en 23 de febrero de 2009].

El código IPC consiste de varios elementos como se puede apreciar en la Figura 1. La primera letra corresponde a la Sección (primer nivel); los dos dígitos siguientes corresponden a la Clase (segundo nivel); la letra que sigue indica la Subclase (tercer nivel); los siguientes cuatro dígitos (o más) presentan una barra diagonal después del segundo dígito e indican el Grupo. Estos últimos dígitos del código representan el grupo principal (cuarto nivel) si después de la barra diagonal se encuentra cualquier dígito seguido por el cero; y en caso que el último dígito no sea un cero, representa un Subgrupo (el nivel más bajo).

Figura 1. Componentes del código IPC

A	01	B	33/00	Main group – 4 th level
Section – 1 st level	Class – 2 nd level		or	
			33/08	Subgroup – lower level
		Subclass – 3 rd level		
			Group	

Fuente: INTERNATIONAL PATENT CLASSIFICATION (Version 2009). GUIDE. Disponible en: <http://www.wipo.int/classifications/ipc/en/guide/guide_ipc_2009.pdf>

MATHEO PATENT® realiza descargas de patentes agrupadas en familias. Una **familia de patentes** es un grupo de patentes equivalentes que hacen referencia a un invento específico. Los miembros de una familia de patentes altamente relacionados tienen un número y una fecha de prioridad de la solicitud, similares. Los patentes que integran una familia resultan de relaciones complejas, pero que comparten al menos una prioridad de solicitud en diferentes países; o también pueden tener relaciones resultantes de divisiones o continuaciones¹¹⁷. Por lo tanto una familia de patentes (varias solicitudes que se basan en la misma prioridad) se genera cuando un mismo solicitante pide protección de un mismo invento en varios países. Al menos una de las patentes pertenecientes a la misma familia debe tener entre su(s) código(s) de clasificación IPC, el código que se pidió en la

¹¹⁷ WIPO - World Intellectual Property Organization. Glossary. Patent Families. PATENTSCOPE® [en línea]. [Citado en 27 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.wipo.int/pctdb/en/glossary.jsp#p>>.

pantalla inicial de búsqueda del *MATHEO PATENT*®, para que este *software* la descargue.

Una vez se descargan las familias de un único código IPC de los presentes en el Anexo 111, se utiliza la opción que tiene *MATHEO PATENT*® de exportar a texto plano un archivo con los campos de interés que presenta cada una de las familias descargadas del código en análisis. Este archivo de texto plano es luego introducido al *software MATHEO ANALYZER*®, que permite realizar análisis más rápidos y profundos, así como también corregir algunas diferencias en el texto que pudieran distorsionar las estadísticas. Posteriormente los resultados son llevados a *Microsoft Office EXCEL*, para generar las gráficas que se observan en los anexos. Los campos de interés escogidos son los siguientes¹¹⁸:

- **Fecha de prioridad:** La fecha de prioridad es la fecha en la cual el solicitante de la patente presenta la primera solicitud en algún país miembro de El Convenio de París para la Protección de la Propiedad Industrial. Durante 12 meses después de esta fecha, esta primera solicitud tiene “prioridad” sobre otras solicitudes presentadas después en cualquier otro país¹¹⁹.
- **Fecha de publicación:** En las publicaciones de la información concerniente a la propiedad industrial, el término “publicación” se usa normalmente en el sentido de hacer disponible los contenidos de un documento al público. La solicitud de patente internacional o cualquier documento relacionado, no son publicados antes de la expiración de los 18 meses desde la fecha de prioridad, a menos que el solicitante de la patente requiera una publicación temprana de la solicitud.

¹¹⁸ WIPO - World Intellectual Property Organization. Glossary. PATENTSCOPE® [en línea]. [Citado en 09 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.wipo.int/pctdb/en/glossary.jsp#p>>.

¹¹⁹ Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). ¿Qué se entiende por fecha de prioridad? La OMPI [en línea]. 2008 [Citado en 04 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q9.htmlpdf>.

- **Inventor de la patente:** Es alguna persona que tiene una nueva idea y busca su desarrollo. Los inventores solicitan patentes para sus invenciones como parte del desarrollo de su invención.
- **Titular de la patente:** Es la persona que reclama el derecho a ser el primer y verdadero inventor, o el cesionario del primer y verdadero inventor de una idea. Pueden existir uno o más titulares de la misma patente. En los Estados Unidos, el titular (los titulares) debe (deben) ser el (los) mismo(s) inventor(es).
- **País del inventor:** País al que pertenece el Inventor.
- **País del titular:** País al que pertenece el Solicitante de la patente.

NOTA: Para el país del titular de la patente y el país del inventor, solo se cuenta una vez cada país para cada patente, es decir, si dos o más inventores de la misma patente pertenecen al mismo país, la estadística solo mostrará una frecuencia de uno y no de dos por ese país para dicha patente.

Además se analizan el número de patentes y el número de familias por cada código.

4.2 PROSPECTIVA ESTRATÉGICA

Las diferentes fases del análisis estructural efectuado, son las siguientes¹²⁰:

- **Listado de las variables:** consiste en enumerar el conjunto de variables que caracterizan el sistema en cuestión y su entorno. Se debe hacer tanto para las variables internas como las externas. Esta fase debe ser exhaustiva para evitar la exclusión de variables importantes.

¹²⁰ Godet, Michel. Op. Cit. p. 68-p.70.

- **Descripción de relaciones entre variables:** El propósito de esta etapa es relacionar las variables en un tablero de doble entrada o matriz de relaciones directas. La calificación es efectuada por expertos escogidos, y además es de carácter cualitativo. Para cada pareja de variables, se plantea la siguiente pregunta: ¿Existe una relación de influencia directa entre la variable i y la variable j ?; si la respuesta es negativa, el puntaje es cero, de lo contrario, la cuestión se dirige hacia si la relación de influencia directa es: débil (1), media (2), fuerte (3) o potencial. Por ejemplo, si la relación de influencia directa de la variable “Valor agregado” (variable en posición i) sobre “Áreas prioritarias” (variable en posición j), fuese **media** entonces la casilla intercepción ij se califica con valor 2, y así sucesivamente según el criterio del experto (Ver Tabla 5). Se deben diligenciar todas las casillas, con excepción de la diagonal.

Tabla 5. Matriz de relaciones directas

INFLUENCIA DE		SOBRE				
		Valor agregado	Áreas prioritarias	Tecnologías convergentes	Transferencia de tecnología	Mercado existente
		$j=1$	$j=2$	$j=3$	$j=4$	$j=5$
$i=1$	Valor agregado	*	2			
$i=2$	Áreas prioritarias		*			
$i=3$	Tecnologías convergentes			*		
$i=4$	Transferencia de tecnología				*	
$i=5$	Mercado existente					*

* La diagonal de la matriz se deja en blanco.

Fuente: Propia.

- **Identificación de las variables clave:** Una vez que los expertos han diligenciado las matriz de relaciones directas, el siguiente paso consiste en la identificación de las variables esenciales para la evolución del sistema, usando una clasificación directa (las calificaciones otorgadas por los expertos), y luego por una clasificación indirecta llamada MICMAC (Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación). La empresa *Lipsor* (Laboratorio de Investigación en Prospectiva Estratégica y Organización) ha desarrollado y puesto a disposición del público de forma gratuita, el software

MICMAC, que se usa para el procesamiento de la matriz de relaciones directas y así poder determinar las variables más influyentes.

5. CAPACIDADES NACIONALES

Las capacidades Nacionales están conformadas esencialmente por dos elementos constitutivos a saber: La investigación (grupos de investigación) y la oferta educativa (programas de formación).

5.1 INVESTIGACIÓN

5.1.1 Grupos de Investigación

La base de datos elaborada contiene 286 grupos cuya composición es la siguiente:

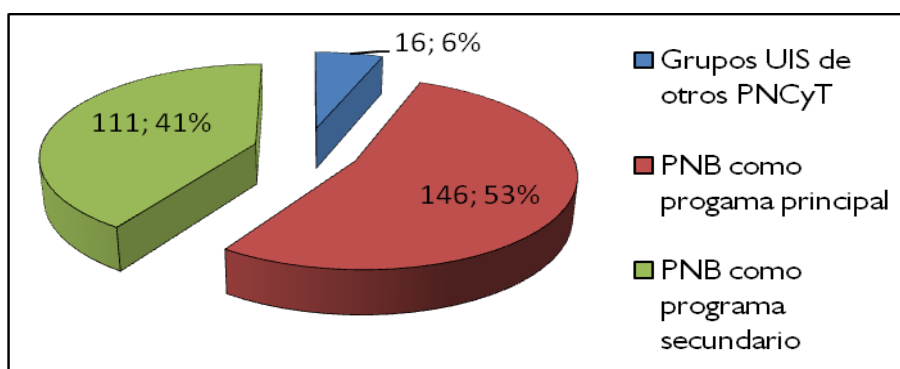
- 158 grupos pertenecientes al Programa Nacional de Biotecnología como programa principal, de los cuales 58 son registrados y reconocidos, y los 100 restantes se encuentran solamente registrados.
- 112 grupos pertenecientes al Programa Nacional de Biotecnología como programa secundario, de los cuales todos se encuentran registrados y reconocidos.
- 16 grupos de la Universidad Industrial de Santander (12 registrados y reconocidos, cuatro solamente registrados), que están vinculados a otros Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología (PNCyT) diferentes al Programa Nacional de Biotecnología, pero que han declarado tener una relación directa o indirecta con el área, en una consulta interna.

Un total de 273 grupos de investigación conforman la población de este trabajo investigativo.

En la Figura 2 se encuentran las estadísticas de los grupos de investigación según su pertenencia al Programa Nacional de Biotecnología (principal ó secundario), y también se observa el número de los grupos de la UIS que pertenecen a otro

Programa Nacional de Ciencia y Tecnología (PNCyT) diferente del PNB, y su porcentaje del total de grupos. La mayoría de los grupos analizados (53%) pertenecen al Programa nacional de Biotecnología como programa principal.

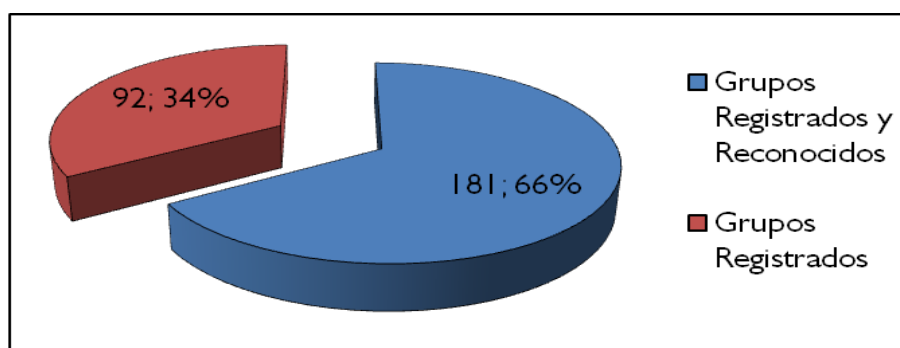
Figura 2. Pertenencia de los Grupos a los PNCyT



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

En la Figura 3 se observan las cifras de los 273 grupos de investigación utilizados, según el estatus otorgado por COLCIENCIAS: A, B, C, ó simplemente registrados (Clasificación vigente hasta el 2008).

Figura 3. Estatus de los grupos de investigación nacionales

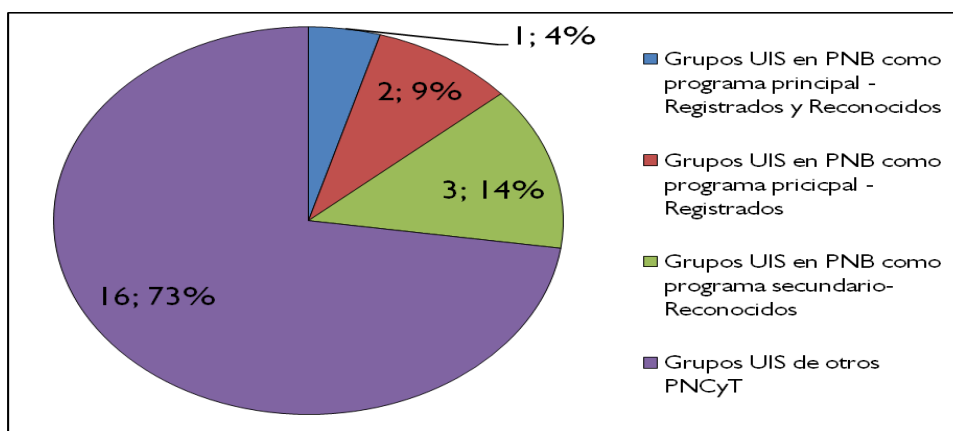


Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

Los grupos de investigación de la Universidad Industrial de Santander que están incluidos dentro de este análisis suman 22 en total, y la mayor parte de estos grupos (73%) pertenecen a otros programas de ciencia y tecnología diferentes al

PNB. En La Figura 4 se encuentran los detalles. Estos grupos de investigación que no son parte del PNB, se incluyeron como sugerencia de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) de la UIS, ya que en una consulta interna, estos grupos de investigación declararon su afiliación a la Biotecnología. En el Anexo 6 se encuentran la lista detallada con los 22 grupos de la UIS.

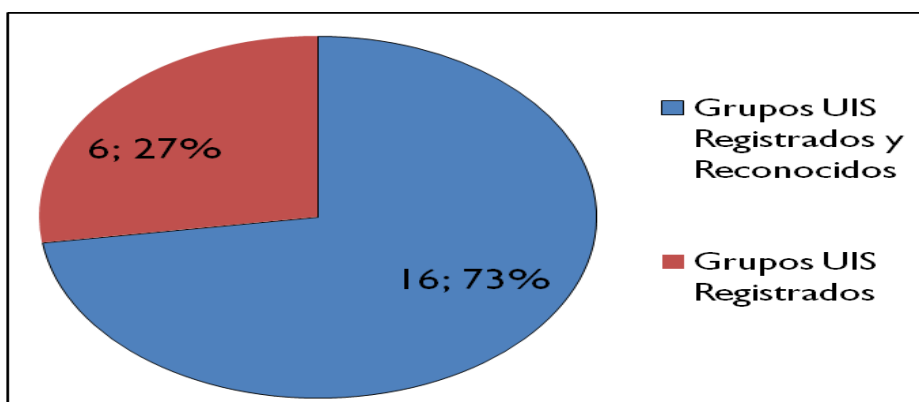
Figura 4. Grupos de investigación en biotecnología de la UIS



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

En La Figura 5 se observa el estatus general de los 22 grupos de investigación de la UIS asociados a la Biotecnología.

Figura 5. Estatus de los Grupos de Investigación UIS



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

En la Tabla 6 se encuentran las cifras específicas de cada categoría de los grupos UIS. La mayoría de los grupos pertenecen a las categorías A y C.

Tabla 6. Categoría de los grupos UIS

Estatus	Número de grupos
Categoría A	7
Categoría B	2
Categoría C	7
Registrados	6
Total	22

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

5.1.2 Dinámica Evolutiva de Creación de Grupos de Investigación

El primer grupo de investigación asociado al área de la Biotecnología se crea en el año de 1962. Este grupo perteneciente a la Universidad del Valle, hace parte de los 112 reconocidos que tienen como programa secundario el Programa Nacional de Biotecnología. Su programa principal es el Programa Nacional de Ciencia y Tecnología de la Salud. Dentro de sus líneas de investigación están la Bioestadística y la Epidemiología del Cáncer. Los temas desarrollados por este grupo se encuentran dentro de los sectores de aplicación correspondientes al Cuidado a la salud de las personas y de las poblaciones humanas, según definición de Colciencias.

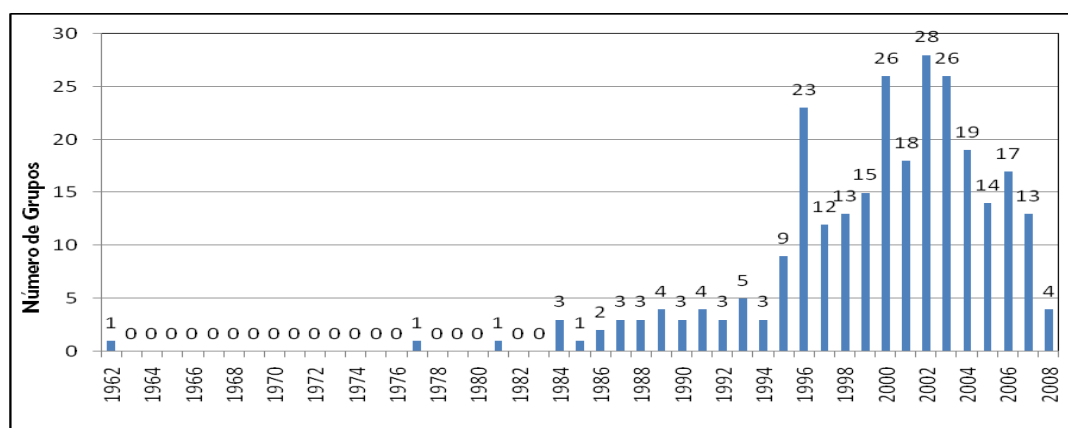
La mayor actividad de creación de grupos está ubicada temporalmente en el intervalo entre el 2000 y el 2003 con 98 grupos que representan el 36%. Desde el 2004 a lo que va corrido del 2008 (septiembre), se han creado 67 grupos de investigación (24%), mientras que desde 1996 hasta 1999 surgieron 63 grupos (23%). La tasa más baja de creación de grupos se halla entre 1962 y 1995 con tan sólo 46 grupos (17%) en 33 años. El año en el cual se crearon un mayor número de grupos de investigación en Biotecnología fue el 2002 con un total de 28, que

equivalen al 10% del total. En la Figura 6 se muestra la dinámica evolutiva de creación de grupos de investigación en biotecnología.

5.1.3 Cobertura Nacional

De los 273 grupos que fueron utilizados para el estudio, 43 no poseían información sobre su departamento de origen en la red SCIENTI de COLCIENCIAS, por lo tanto fueron excluidos de esta sección donde se usa un conjunto de 230 grupos de investigación en total, como base para determinar la cobertura nacional. Siguiendo las pautas que maneja la base de datos antes mencionada, Bogotá en su condición de Distrito Capital merece especial atención.

Figura 6. Dinámica de creación de los grupos en Biotecnología



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

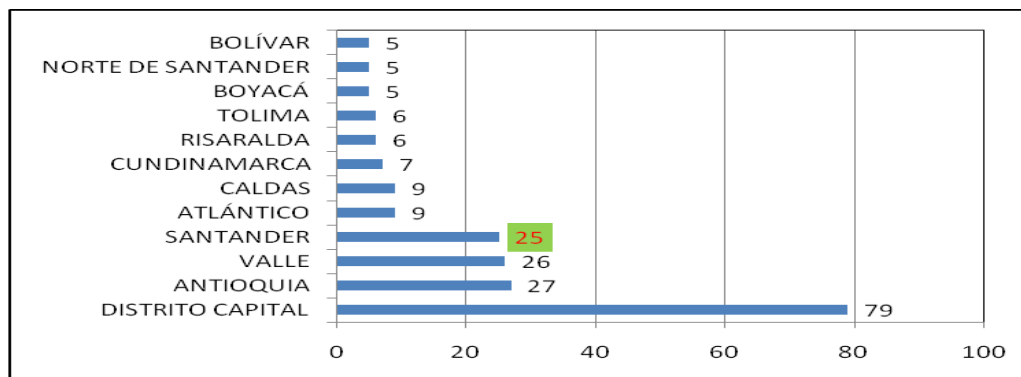
Los grupos de investigación se encuentran distribuidos geográficamente en 20 de los 32 departamentos de Colombia, lo que corresponde a una cobertura del 63%.

La mayor comunidad de grupos se halla en el Distrito Capital que cuenta con 80 de los 230 grupos, lo que equivale a un 35% del total, le sigue Valle con 13% y en tercer lugar aparece Antioquia con 12%. En estas tres ubicaciones se encuentra el 60% de los grupos de investigación, lo cual refleja una clara concentración de la capacidad de investigación para la Biotecnología en Colombia. En cuarto lugar

surge Santander con 11%. En la Figura 7 se puede observar la distribución geográfica de la mayor parte de los grupos de investigación.

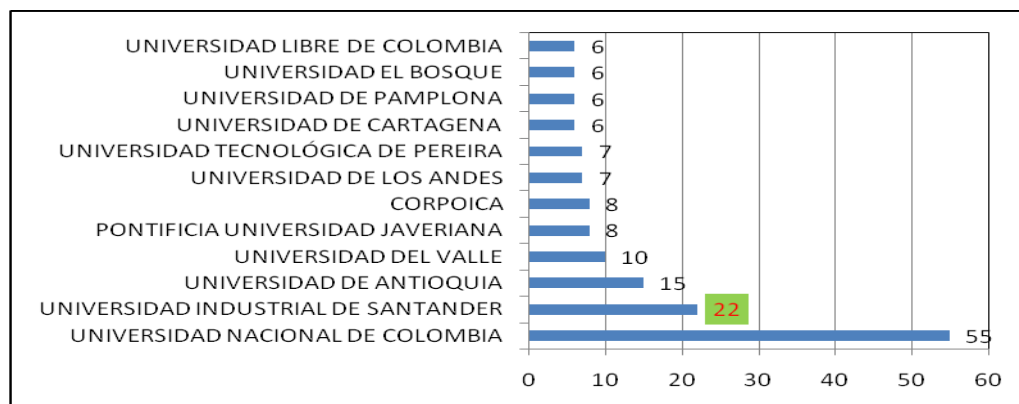
Otra importante conclusión que puede ser derivada del análisis de la cobertura nacional es la correspondiente a las instituciones con mayor cantidad de grupos de investigación. Se destacan la Universidad Nacional de Colombia con 55 grupos de investigación, la Universidad Industrial de Santander con 22 grupos, la Universidad de Antioquia con 15 y la Pontificia Universidad Javeriana con nueve. En la Figura 8 se exponen las universidades que tienen seis o más grupos de investigación. La Universidad Nacional de Colombia posee una gran ventaja sobre el resto de las universidades, prueba de ello es que si se sumaran el número de grupos de investigación del segundo, el tercer y el cuarto lugar, no igualarían a la Universidad Nacional. Es de tener en cuenta que aunque la UIS aparece en segundo lugar, a esta universidad se le incluyeron 16 grupos que no pertenecen al Programa Nacional de Biotecnología, en cambio los grupos de las demás universidades si pertenecen al PNB, ya sea como programa principal o secundario.

Figura 7. Distribución Geográfica de los Grupos de Investigación



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

Figura 8. Instituciones de los grupos colombianos en Biotecnología



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

5.1.4 Sectores de Aplicación de los grupos nacionales

Los sectores de aplicación de los grupos de investigación escogidos presentaban alta uniformidad, lo que facilitaba extraer sus estadísticas. En el Anexo 7 se encuentran los sectores con la mayor frecuencia. Los dos sectores con las mayores frecuencias hacen referencia a la agricultura:

- Productos y procesos vinculados a la agricultura.
- Producción vegetal.

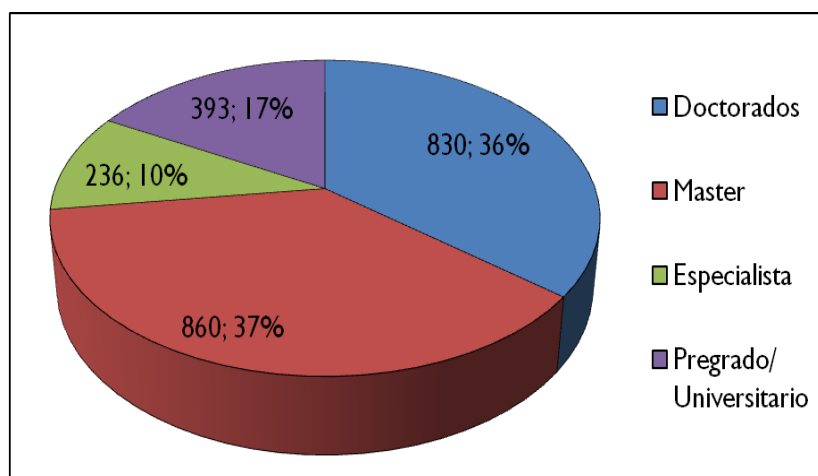
También se encuentran sectores relacionados con la medicina y el medio ambiente:

- Productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible.
- Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas.
- Cuidado a la salud de las poblaciones humanas.

5.1.5 Masa Crítica

La comunidad en biotecnología analizada en este trabajo investigativo está compuesta por los 2327 investigadores de los 273 grupos de investigación y la información suministrada en el perfil del equipo de trabajo que aparece en la Red SCIENTI de Colciencias. Se han incluido a los “Especialistas” y a los “Especialistas en residencia médica”, en una misma categoría que se denomina “Especialista”. En la Figura 9 se encuentran los detalles de los investigadores considerados en el análisis. La mayor parte de los investigadores poseen el nivel de maestría (36%) y el nivel de doctorado (37%).

Figura 9. Masa crítica nacional



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

5.1.6 Producción científica de los grupos nacionales en biotecnología

Los productos y los proyectos registrados por los grupos de investigación en la Red SCIENTI, constituyen los indicadores de la producción científica. En la Tabla 7 se encuentran las cifras de estos indicadores.

Con el propósito de conocer cuáles son los tipos de productos más comunes en los grupos de investigación, se presentan en el Anexo 8 los productos

discriminados según su tipo, tal cual están registrados en la Red SCIENTI de Colciencias.

Tabla 7. Producción de los grupos biotecnológicos nacionales

Número de Grupos	Proyectos de los Grupos	Productos de los Grupos
273	4990	27615

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Dentro de los productos científicos, se destaca la gran cantidad de productos de divulgación o popularización de resultados de investigación encontrados, los cuales representan el 30.85% del total de productos, así como los numerosos artículos de investigación que concentran el 20.72%, y las tesis y trabajos de grado con el 13.42%.

Cabe la aclaración que los productos y proyectos que han sido registrados por los grupos de investigación no son en su totalidad asociados a la biotecnología, pues dichos grupos también tienen otras líneas de profundización vinculadas a otras áreas del conocimiento. Sin embargo este indicador refleja en alguna medida la capacidad de investigación colombiana en el tema.

5.1.7 Alianzas

En este apartado se pretende dar un vistazo a las instituciones y las alianzas que estas han conformado con el propósito de enfocarse en una o varias líneas de investigación específicas.

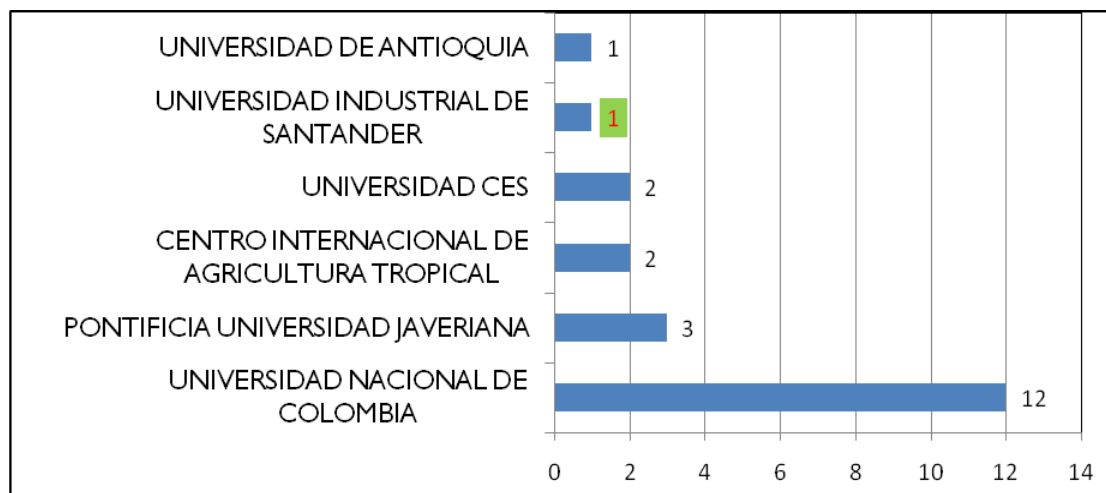
5.1.7.1 Instituciones de los Grupos en Biotecnología y sus alianzas

La colaboración entre las universidades, las instituciones públicas o privadas, las empresas y demás actores del entorno, es de vital importancia para que exista un proceso eficaz de transferencia tecnológica y cognitiva en las diferentes regiones de un país. Por esta razón se dedica este apartado especialmente al análisis de

las alianzas que se han hecho para conformar algunos de los grupos de investigación.

Se encuentran registrados un total de 51 grupos de investigación conformados por alianzas. En la Figura 10 se observan las instituciones con el mayor número de alianzas para la conformación de grupos en biotecnología. La Universidad Nacional de Colombia encabeza la lista con 12 alianzas (24% del total), mientras que la segunda institución (Pontificia Universidad Javeriana) tiene tan sólo tres alianzas (6% del Total).

Figura 10. Instituciones líderes por su número de alianzas



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

La única alianza para un grupo en biotecnología de la UIS se presenta entre el CIBIMOL (Centro de Investigación en Biomoléculas) y el CENIVAM (Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales).

5.1.7.2 Principales sectores de aplicación de las alianzas

Al analizar el orden de prioridad de los sectores de aplicación para el conjunto total de los grupos de investigación nacionales en biotecnología, y contrastarlo con los

sectores de aplicación de los grupos conformados por la alianza de varias instituciones, se observa que se invierte el orden de importancia. Para las alianzas el énfasis se hace sobre los productos y procesos biotecnológicos vinculados a la salud humana o de los animales y al cuidado de la salud de las poblaciones humanas. El desarrollo de productos tecnológicos para la salud humana que había sido clasificado en décimo lugar en el total de los sectores de aplicación de los grupos nacionales, sube hasta la posición número cuatro para las alianzas entre instituciones. (Ver Anexo 9)

5.1.8 Grupos de investigación de la UIS y sus sectores de aplicación

Para esta sección se utilizaron los 22 grupos de investigación de la UIS que están asociados a la biotecnología de manera directa o indirecta. Nueve de los grupos no reportan sector de aplicación en la Red SCIENTI de Colciencias.

Los grupos de investigación de la Universidad Industrial de Santander han centrado sus esfuerzos en temas asociados a sectores como la captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas, así como también los productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible. En el Anexo 10 se enlistaron los sectores de aplicación para los grupos de investigación de la Universidad Industrial de Santander con sus respectivas frecuencias.

Nueve de los sectores de aplicación priorizados dentro de los diez más importantes para el conjunto de grupos de investigación a nivel nacional tienen al menos un grupo de investigación UIS dedicado a su desarrollo.

Llama la atención el hecho de que las líneas de investigación asociadas a sectores como productos y procesos biotecnológicos vinculados a la agricultura, producción vegetal y, productos y procesos biotecnológicos vinculados a la salud humana de los animales, que a nivel nacional acaparan los tres primeros puestos respectivamente en número de grupos, en la UIS ocupan la posición 27, 14 y 28.

Tan sólo un sector de los 10 priorizados a nivel nacional no fue encontrado en ningún grupo de investigación de la Universidad Industrial de Santander: Desarrollo de Productos tecnológicos para la salud humana.

5.1.9 Investigadores de la Universidad Industrial de Santander

Para esta sección se ha usado la información disponible en la Red SCIENTI acerca de los 273 grupos de investigación, comparando los datos de los grupos nacionales con los grupos de la UIS. En la Tabla 8 se encuentran las estadísticas a nivel nacional para la formación de los grupos biotecnológicos. Las estadísticas de los investigadores de la UIS se observan en la Tabla 9. Los promedios nacionales coinciden casi de manera exacta con los de la UIS a excepción del número de profesionales con maestría (3 a nivel nacional, 2 en la UIS).

Tabla 8. Promedios por nivel de formación del Investigador-Nacional

Distribución por Niveles de Formación		Promedio por Grupo
Doctorado	835	3
Máster	863	3
Especialista	236	1
Pregrado/Universitario	393	1
Masa Crítica TOTAL		2327

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Tabla 9. Promedios por nivel de formación de los investigadores-UIS

Distribución por Niveles de Formación		Promedio por Grupo
Doctorado	72	3
Máster	41	2
Especialista	12	1
Pregrado/Universitario	17	1
Masa Crítica-UIS		142

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en: <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

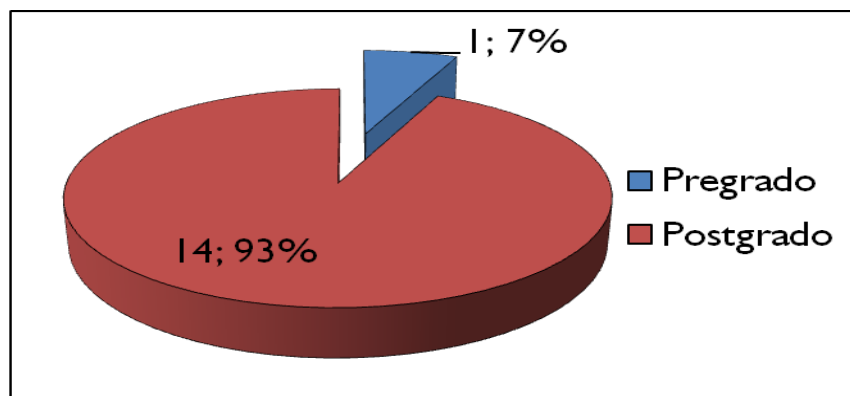
5.2 OFERTA EDUCATIVA

5.2.1 Búsqueda preliminar

Esta búsqueda se ejecutó en septiembre de 2008. Se incluyeron dentro de este análisis todos los programas de formación que estuvieran asociados de manera explícita a la Biotecnología... Véase sección 4.1.1.2...

Los programas de formación que resultaron en la búsqueda son 15 en total. En la Figura 11 se observan las estadísticas relativas a los programas de pregrado y postgrado. Se destacan los programas de postgrado con un 93% del total. Es necesario tener en cuenta que algunos de los programas se repiten en sedes distintas de la misma institución o para otras instituciones, pero son tenidas en cuenta para poder determinar la cobertura nacional y los niveles de formación. Tan sólo el 7% por ciento, es decir un programa de formación, corresponde a los programas de pregrado.

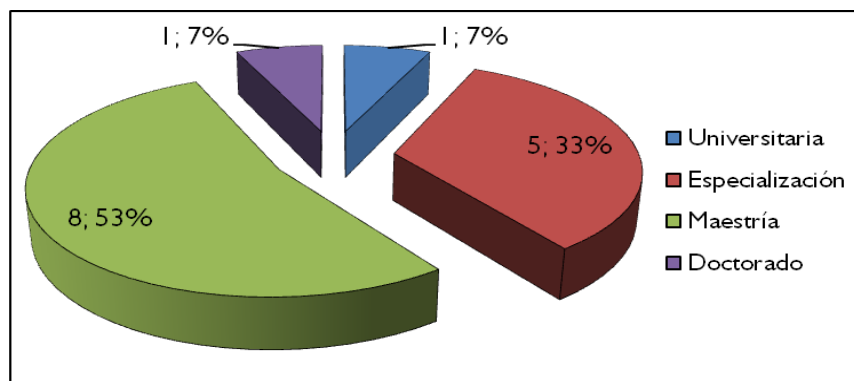
Figura 11. Porcentaje Pregrado - Postgrado de los Programas en Biotecnología



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

En la Figura 12 están las cifras y los porcentajes de los programas de formación según el nivel. Los niveles de mayor frecuencia son los programas de maestría y especialización con el 53% y el 33% respectivamente; los doctorados representan el 7% de los programas de postgrado (solo un programa).

Figura 12. Niveles de Formación de los Programas en Biotecnología

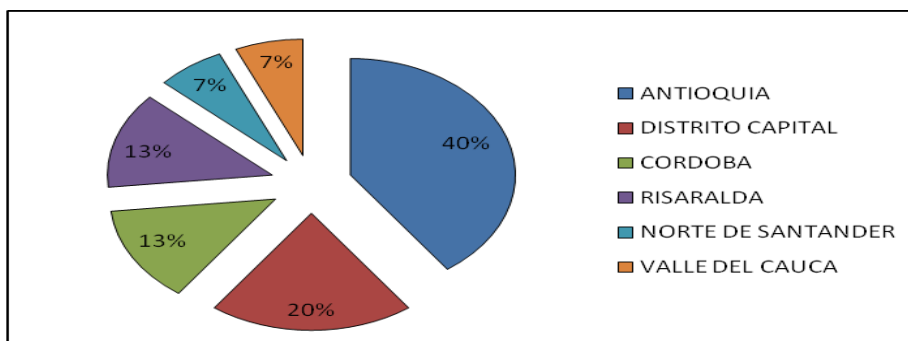


Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <http://200.41.9.227:7777/men/>.

5.2.1.1 Cobertura Nacional de los Programas de Formación en Biotecnología

La oferta educativa asociada a la biotecnología se encuentra distribuida en seis departamentos: Antioquia (6 programas), Distrito Capital (3 programas), Córdoba (2 programas), Risaralda (2 programas), Norte de Santander (1 programa) y Valle (1 programa). Se destaca Antioquia que abarca el 40% de la concentración de los programas de formación. Santander no tiene representación alguna. Antioquia y el Distrito Capital aglomeran el 60% de la oferta educativa, mientras Córdoba, Risaralda, Valle y Norte de Santander suman el 40% restante. En la Figura 13 se observan los porcentajes respectivos de cada departamento. La mayoría de los programas de formación pertenecen a instituciones de carácter público.

Figura 13. Distribución de los programas en Biotecnología en Colombia



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <http://200.41.9.227:7777/men/>.

5.2.1.2 Programas de Formación en Biotecnología

Para ilustrar la oferta educativa existente en biotecnología se presentan en el Anexo 11 y en el Anexo 12, los programas de formación discriminados según su pertenencia a pregrado o postgrado. Risaralda es el único departamento con un programa de formación de pregrado relacionado específicamente con la Biotecnología; el nombre del programa es Ingeniería en Biotecnología, y lo ofrece la Universidad Pontificia Bolivariana. La Universidad Nacional de Colombia es la que ofrece el mayor número de programas relacionados con la biotecnología (cuatro en total).

5.2.2 Búsqueda exhaustiva

Esta búsqueda exhaustiva se efectuó en octubre de 2008, y tiene como propósito ampliar el panorama de los programas de formación encontrados en la búsqueda preliminar.

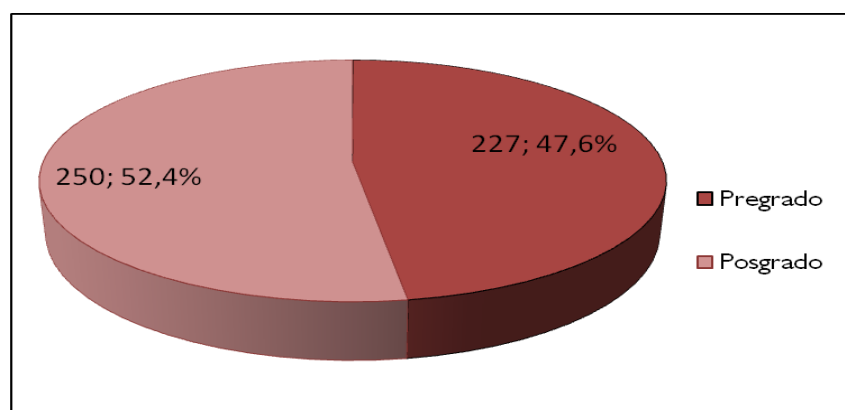
Los programas de formación vinculados a los grupos de investigación incluidos en este estudio, están asociados con áreas temáticas como la biotecnología, la biología, la química, la medicina y las ciencias agropecuarias (agronomía veterinaria y afines). La mayor parte de la oferta educativa, no sólo en número sino también en diversidad de programas, corresponde al Distrito Capital y a los departamentos de Antioquia y Valle del Cauca.

Se encontró un total de 477 programas de formación asociados a las universidades por los grupos de investigación, de los cuales 421 están activos y 56 inactivos.

Los porcentajes correspondientes a los niveles de pregrado y postgrado son bastante similares, con un 52,4% y 47,6% respectivamente. En la Figura 14 se observan estos porcentajes, y el número de programas de formación correspondiente.

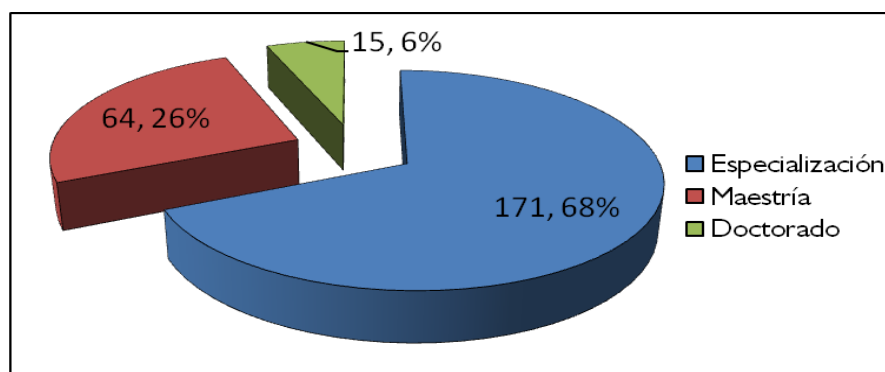
Para los postgrados se encuentra que tan sólo un 6% de los programas corresponde a doctorados, y la mayor parte (68%) son especializaciones (Ver Figura 15).

Figura 14. Niveles de formación (pregrado y postgrado)



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Figura 15. Niveles de formación para postgrado



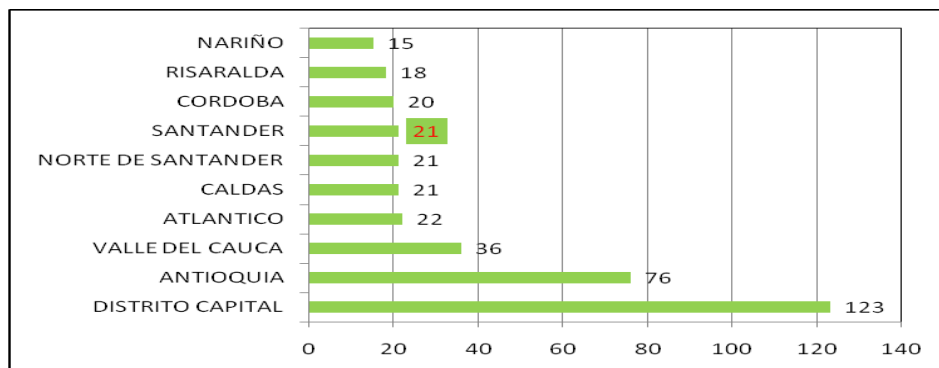
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

5.2.2.1 Cobertura Nacional de los Programas de Formación

La oferta educativa asociada a la biotecnología se encuentra distribuida entre 22 departamentos y el distrito capital. Se destacan el Distrito Capital y Antioquia que representan el 25,8% y el 15,9% del total de los programas de formación respectivamente; mientras que el Valle del Cauca en el tercer lugar, solo alcanza un 7,5%; Santander tiene el 4,4%. En la Figura 16 se puede observar el número

de programas de formación de los principales departamentos y el distrito capital. En el Anexo 13 se encuentra la lista con todos los departamentos.

Figura 16. Cobertura Nacional (Búsqueda exhaustiva)

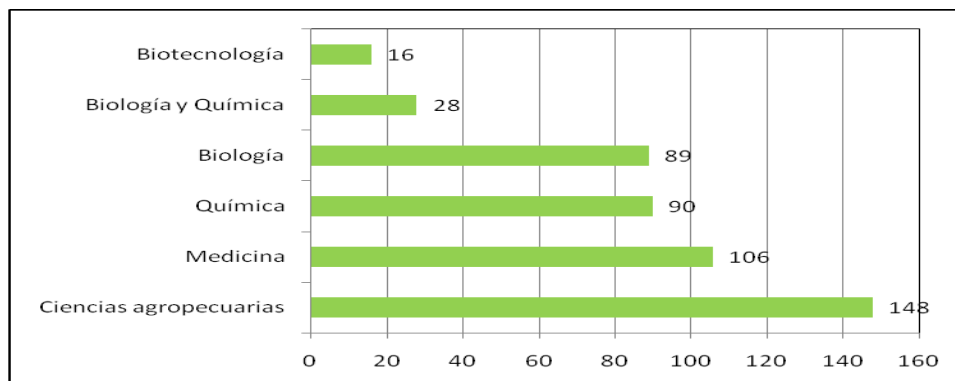


Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

5.2.2.2 Áreas temáticas de los programas de formación

La mayoría de los programas de formación (148, es decir el 31%) pertenecen a las ciencias agropecuarias (Agronomía veterinaria y afines). Tan solo 16 programas (3%) tienen designación explícita en biotecnología. El 66% restante se reparte entre biología, química y medicina. Todos los programas conjuntos de biología y química son de pregrado. En la Figura 17 se observa el número de programas de formación según su denominación o área en la base de datos del SNIES.

Figura 17. Programas de formación nacionales

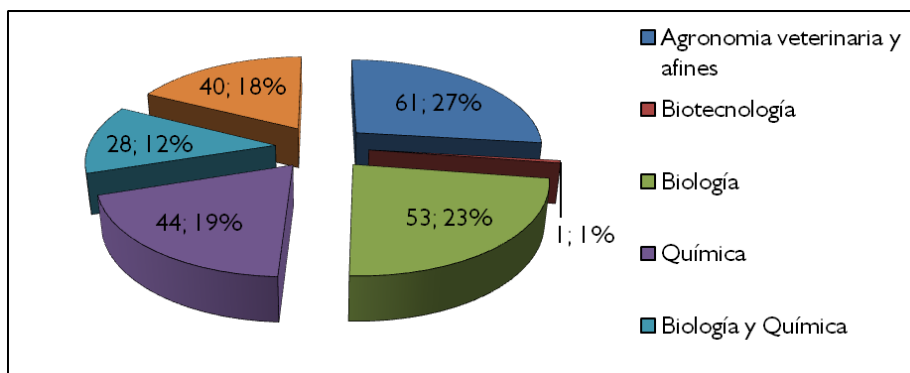


Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

El porcentaje más alto de programas de pregrado corresponde a las ciencias agropecuarias con un 27%, seguida por biología con el 23% y química con el 19% del total. Para este nivel de formación se encontró la Ingeniería en Biotecnología ofrecida por la Universidad Pontificia Bolivariana como único ejemplo de denominación explícita en biotecnología. En la Figura 18 se puede observar la distribución porcentual para los programas de pregrado encontrados.

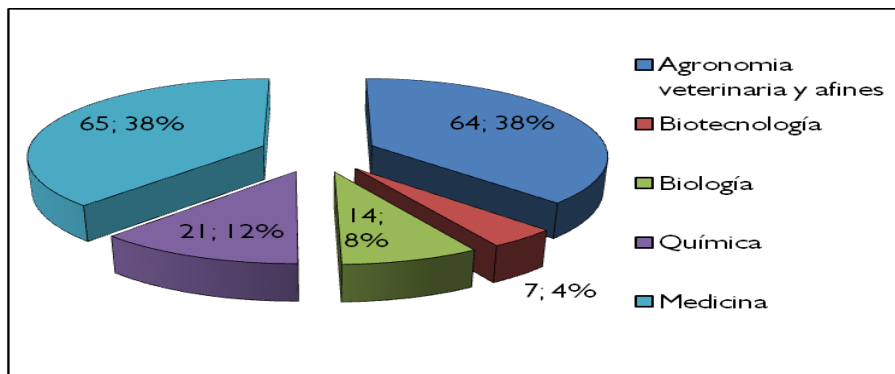
La mayor concentración de programas de posgrado se encuentra en las especializaciones (171 programas). Dentro este nivel de formación, las ciencias agropecuarias y la medicina poseen el mismo porcentaje (38%), y les siguen química y biología con 8% y 12% respectivamente (Ver Figura 19).

Figura 18. Áreas temáticas de los programas de pregrado nacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Figura 19. Áreas temáticas de las especializaciones nacionales

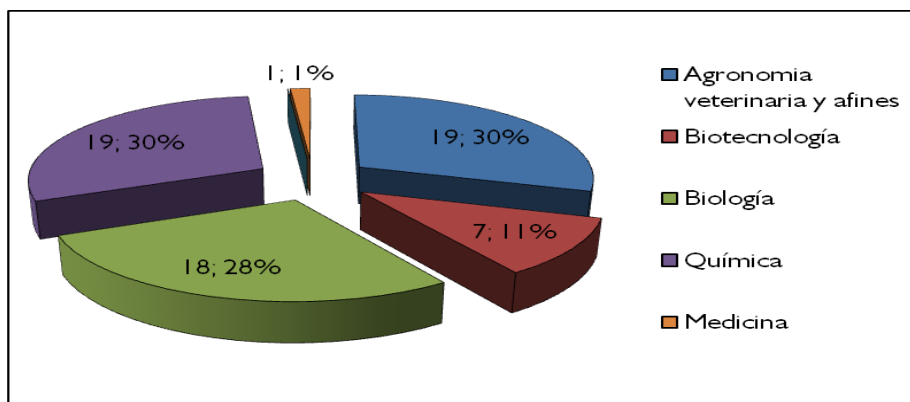


Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

En el caso de las maestrías (64 programas), las ciencias agropecuarias y química tienen el mismo porcentaje (30%), mientras biología posee 29%, y biotecnología un destacable 11% (Ver Figura 20).

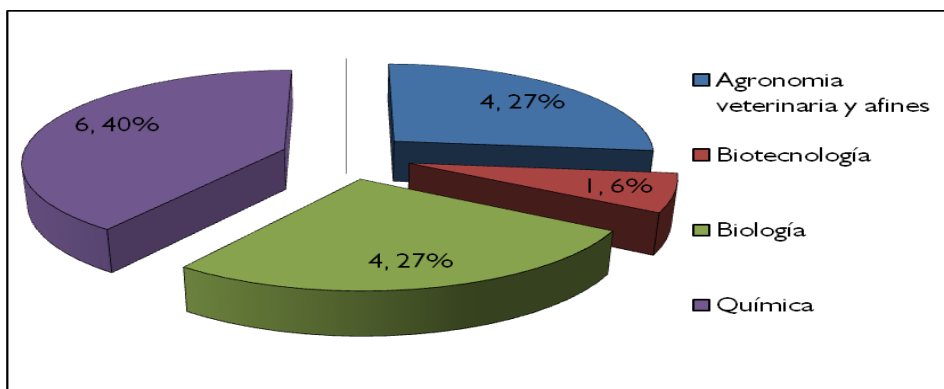
Se encontraron un total de 15 programas de formación para el nivel de doctorado. La concentración más alta de programas de doctorado se encuentra en química, que cuenta con un 40% del total, seguido por biología y ciencias agropecuarias con un 27% cada una. No se encontró ningún programa de doctorado para medicina (Ver Figura 21).

Figura 20. Áreas temáticas de las maestrías nacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Figura 21. Áreas temáticas de los doctorados nacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de la información obtenida en el SNIES, disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

5.2.2.3 Programas de formación de Instituciones Universitarias y Universidades

La Universidad Nacional de Colombia, la Universidad de Antioquia y la Pontificia Universidad Javeriana lideran la lista de programas asociados a la investigación en biotecnología, con 43, 40 y 24 programas respectivamente, aglomerando entre las tres el 22,6% del total. El acumulado porcentual de las seis instituciones que les siguen apenas alcanza un 22,2% del total. La Universidad Industrial de Santander tiene 16 programas que equivalen al 3,4%. En el Anexo 14 se observan las instituciones que poseen cinco o más programas relacionados con la biotecnología en cualquiera de los niveles de formación: pregrado, especialización, maestría o doctorado.

5.2.2.4 Programas de Formación de la Universidad Industrial de Santander

La mayoría de los programas de formación relacionados con la biotecnología de la UIS, pertenecen al área temática de química, con un 50% del total. En segundo lugar se encuentran las ciencias agropecuarias con el 25%. Las ciencias agropecuarias ocupan el primer lugar a nivel nacional (31%) y química ocupa el tercer puesto (19%). Un resultado interesante es el hecho de que no existen programas de denominación explícita en biotecnología para la UIS. En el Anexo 15 se puede observar el contraste entre los programas de formación en la Universidad Industrial de Santander y los programas a nivel nacional.

Con respecto a la proporción entre los programas de formación correspondientes a pregrados y postgrados, conservan el mismo comportamiento que se encontró que a nivel nacional, en el cual existe una gran similitud entre el número programas en los dos niveles de formación. En la Universidad Industrial de Santander se encuentran repartidos en proporciones de 50% para los programas de pregrado y 50% para los de postgrado, es decir ocho programas de formación para cada nivel. En el Anexo 16 se encuentra el paralelo entre los porcentajes del nivel de formación para la UIS y para el resto de Colombia.

Para los programas de pregrado aparecen en primer lugar las ciencias agropecuarias para la UIS, al igual que en los programas a nivel nacional. Sin embargo la química supera a la biología, al contrario que a nivel nacional. En el Anexo 17 se pueden observar los programas de pregrado discriminados según su pertenencia a las respectivas áreas temáticas.

En el nivel de postgrados, las especializaciones lideran el número de programas tanto en la UIS como en el resto del país. Sin embargo, hay una diferencia que es necesario resaltar, y es la que existe entre porcentajes para el nivel de formación de doctorado: mientras que en la UIS es el 25%, a nivel nacional es del 6%. (Ver Anexo 18)

No se encontraron especializaciones en la Universidad Industrial de Santander para las ciencias agropecuarias o para biotecnología. Además, la mitad de las especializaciones pertenecen a programas afines a la química. (Ver Anexo 19)

La Universidad Industrial de Santander posee dos maestrías y dos doctorados asociados a la química, y no tiene programas de maestría o doctorado vinculado a alguna otra área temática. (Ver Anexo 20).

La mayoría de los programas de pregrado de la Universidad Industrial de Santander fueron encontrados en Bucaramanga. Las especializaciones, las maestrías y los doctorados son impartidos únicamente en la sede principal. En el Anexo 21 se encuentran los detalles de todos los programas asociados a la biotecnología ofrecidos por la UIS.

La Universidad Industrial de Santander posee un gran potencial para el desarrollo de líneas de investigación en biotecnología. A pesar de que no existe un organismo especializado, como si lo tiene la Universidad Nacional de Colombia (IBUN Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional), sí se está trabajando en los sectores de aplicación más importantes y se cuenta con la infraestructura investigativa y el talento humano necesario.

Con respecto a los programas de formación se sabe que no se cuenta en la UIS con un programa dedicado específicamente al área, como si lo poseen la Universidad Nacional de Colombia o la Universidad de Antioquia, ambas a nivel de posgrado, sin embargo gracias al esfuerzo conjunto de directivos e investigadores, el programa de postgrado en biotecnología es cada vez una realidad más cercana para la principal alma mater del oriente colombiano.

6. ANÁLISIS DE PUBLICACIONES INTERNACIONALES

El número de publicaciones de un país, autor o institución puede servir para medir la producción científica, aunque no es una medida decisiva debido a que la particularidad de cada publicación puede fluctuar¹²¹.

El análisis cuantitativo tiene como fundamento dos factores:

1. FACTOR DE INVESTIGACIÓN: Se mide a través del análisis de publicaciones científicas de los diferentes actores (países, instituciones y autores).
2. FACTOR DE DESARROLLO TECNOLÓGICO: Se mide a través del análisis de patentes...Véase Capítulo 9...

6.1 BÚSQUEDA PRELIMINAR

Esta búsqueda preliminar no pretende ser exhaustiva en su análisis, sino simplemente visualizar superficialmente el panorama internacional...Véase sección 4.1.2.1... Se analizaron un total de **7597** publicaciones.

6.1.1 Países con mayor número de Artículos sobre Biotecnología

Estados Unidos lidera los países en cuanto al número de publicaciones (2617 publicaciones), superando en casi cuatro veces el número de publicaciones obtenidas por Alemania (659 publicaciones) que se encuentra en segundo lugar. En tercer lugar clasifica Inglaterra (625 publicaciones) con un número de publicaciones muy cercano a Alemania. (Ver Anexo 22).

¹²¹ BAQUERO HAEBERLIN, Irma...et al. Informe de vigilancia tecnológica: BIOINSUMOS. Bogotá D.C.: Diciembre de 2007. 145 p. ISBN 978-958-8290-28-7.

6.1.2 Lenguaje original de la Publicación

El lenguaje original de publicación de la gran mayoría de los autores es el inglés superando con creces al resto de lenguajes (Ver Anexo 23). Esto se encuentra influenciado por el hecho de que Estados Unidos e Inglaterra poseen entre los dos el 43% de las publicaciones y algunas de las revistas con mayor número de publicaciones pertenecen a estos dos países.

6.1.3 Dinámica de publicación de artículos sobre Biotecnología

Se observa un comportamiento creciente constante año tras año con su pico en el 2007, teniendo en cuenta que el 2008 no había terminado en la fecha de la consulta y aún faltan publicaciones por registrar en el 2008. El número de publicaciones se dispara radicalmente del 2000 al 2001. (Ver Anexo 24)

6.2 BÚSQUEDA AVANZADA

Esta pesquisa pretende realizar un “barrido” más focalizado sobre la biotecnología, elaborando una Ecuación de Búsqueda...Véase sección 4.1.2.1... El resultado de esta búsqueda es un total de **4566** publicaciones.

6.2.1 Dinámica de Publicaciones

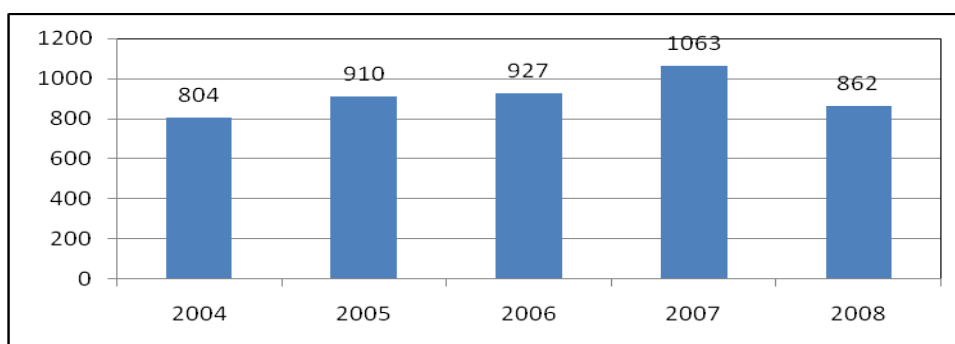
El número de publicaciones ha venido en aumento en los últimos cuatro años (sin tener en cuenta el 2008 que no ha terminado en la fecha de la consulta) y el comportamiento parece que continuará siendo creciente. (Ver Figura 22)

6.2.2 Países con mayor número de Publicaciones

Al respecto de los países con mayor número de publicaciones, en el Anexo 25 se encuentra una lista con los 14 más importantes. Estados Unidos (1191 publicaciones) lidera las publicaciones científicas, superando por más del doble a Alemania (522 publicaciones) que es su seguidor más cercano. En tercer lugar se

encuentra Inglaterra (318 publicaciones) con el 64% de los artículos de Alemania. Brasil es el único país suramericano en esta lista con 180 publicaciones y clasifica en el puesto 11.

Figura 22. Dinámica de Publicaciones Internacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

6.2.3 Revistas con mayor número de Publicaciones

En el Anexo 26 se señalan las 15 revistas más importantes con su respectivo número de publicaciones. Se destaca *Applied Microbiology and Biotechnology* (135 publicaciones), revista que cubre un amplio rango de tópicos, presentando artículos completos y mini-reviews de productos nuevos y emergentes, procesos y tecnologías. Su cubrimiento incluye células eucariotas y procariotas, enzimas relevantes y proteínas; genética aplicada y biotecnología molecular; genómica y proteómica; microbiología aplicada y fisiología celular; biotecnología ambiental; productos y procesos¹²². En segundo lugar se encuentra *TRENDS IN BIOTECHNOLOGY* (71 publicaciones), seguida por *JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY* (63 publicaciones).

¹²² SPRINGER. *Biotechnology*. SPRINGER [en línea]. [Citado en 13 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.springer.com/chemistry/biotech/journal/253>>.

6.2.4 Comparación de Colombia con los Países líderes

Con el objetivo de realizar un paralelo de las publicaciones internacionales con las publicaciones colombianas, se seleccionaron los dos países líderes en el mundo, USA y Alemania, y el país líder a nivel latinoamericano, Brasil.

En el Anexo 27 se presenta el mapa de las publicaciones de Estados Unidos en las revistas más importantes, los números en las ramas corresponden a la cantidad de publicaciones en cada revista. Se puede observar que USA publica en 14 de las 15 revistas más importantes, destacándose *Nucleic Acids Research*, con 20 publicaciones, y *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America*, con 19 publicaciones. La revista *Nucleic Acids Research* (NAR) publica los resultados de investigaciones líderes en los aspectos físicos, químicos, biológicos y bioquímicos de los ácidos nucleicos y las proteínas involucradas en el metabolismo de los ácidos nucleicos y/o sus interacciones. Esta revista posibilita la publicación rápida de artículos en las siguientes categorías: ARN, biología molecular, química, genómica, biología computacional y biología estructural. Esta publicación pertenece a *Oxford University Press*; *ProQuest Information and Learning Company*.

En el Anexo 28 se observa que los artículos científicos de los investigadores alemanes se han publicado principalmente en *Applied Microbiology And Biotechnology* (46 publicaciones), revista que lidera ampliamente el número total de los artículos científicos encontrados. Igualmente Alemania publica en 14 de las 15 revistas más importantes destacándose en segundo lugar *Journal of Biotechnology* (21 publicaciones alemanas). Esta última revista se encuentra en tercer lugar en el ranking de revistas.

Brasil por su parte cuenta con cuatro publicaciones en la revista líder, *Applied Microbiology And Biotechnology*, ocho publicaciones en *Applied Biochemistry and Biotechnology*, tres publicaciones en *Enzyme and Microbial Technology*, y una publicación en *Biotechnology Advances*. Las anteriores cuatro revistas se

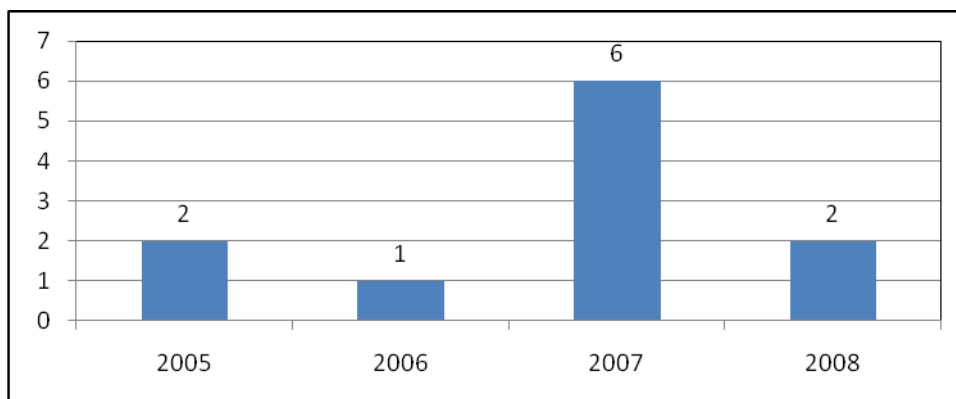
encuentran entre las 15 revistas con mayor cantidad de publicaciones. Los investigadores Brasileños poseen además algunos artículos en otras revistas importantes que se encuentran en el ranking de las revistas con más de 20 publicaciones, como se puede observar en el Anexo 29.

Colombia se encuentra en el puesto número 50 a nivel internacional con 11 publicaciones en total. En el Anexo 30 se observan las revistas en las que ha publicado Colombia, y solo se encuentra una revista importante, *Bioresource Technology* con dos artículos. Esta revista está clasificada en el puesto 23 de las revistas con mayor número de publicaciones.

El círculo que se encuentra en cada una de las ramas del Anexo 27, Anexo 28, Anexo 29 y Anexo 30 representa el número de publicaciones que posee el país en cada revista.

En la Figura 23 se detalla la dinámica de las publicaciones colombianas a través del periodo comprendido entre el 2004 y lo que ha transcurrido del 2008 (Noviembre). No se cuenta con ninguna publicación en alguna de las 15 revistas con mayor número de publicaciones, ni publicaciones en el 2004. Además se observa un incremento considerable en el 2007, si se compara con los otros años.

Figura 23. Dinámica de las Publicaciones Colombianas



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

6.2.5 Análisis de Autores

En el Anexo 31 se enlistan los autores con más de 8 publicaciones. Se destaca el **Dr. Alexander Steinbüchel** (14 publicaciones). Este Doctor alemán se dedica al campo de la microbiología, especialmente a la fermentación de enzimas. Ha sido el director de *The Institut für Mikrobiologie at Westfälische Wilhelms-Universität Münster* desde 1994. Actualmente está enfocado en la fisiología, la bioquímica y la genética aplicadas a:

- El metabolismo y la producción biotecnológica de polyhydroxyalkanoïdes.
- La biosíntesis y la producción biotecnológica de poliamidas.
- La biodegradación de caucho natural y de polímeros quimo-sintéticos.
- La síntesis microbiana de lípidos y ceras.
- Producción biotecnológica de compuestos para dar sabor a ciertos alimentos.

Un punto alto en la carrera de Alexander Steinbüchel fue el premio de “*Philip Morris Forschungspreis*” recibido por la producción de polyester termoplástico biodegradable para recursos renovables. Tiene más de 250 publicaciones a su nombre, y ha contribuido a la organización de varios simposios enfocados a los biopolímeros. Es el editor en jefe de la revista *Applied Microbiology and Biotechnology* (primera revista en número de publicaciones sobre Biotecnología) y miembro activo de la mesa editorial de las siguientes revistas *Microbiology*, *Macromolecular Bioscience*, *Biomacromolecules* y *Journal of Environmental Polymer Degradation*¹²³.

En segundo lugar se encuentra el italiano Attilio Converti con 11 publicaciones, y en tercer lugar el alemán Karl-Erich Jaeger con 11 publicaciones.

¹²³ WILEY-VCH. Biopolymers in 10 volumes [en línea]. [Citado en 18 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/ser_editors_01.html>.

Italia es el país que más presenta autores en esta lista con un total de cinco. Estados Unidos solo tiene un autor, Steven H. Strauss (9 publicaciones). No se encuentran autores latinoamericanos.

6.2.6 Análisis de Instituciones

En el Anexo 32 se observa la lista con las instituciones líderes en publicaciones. La institución líder en publicaciones es el CSIC (CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS) con 55 publicaciones. Esta Agencia Estatal española es el organismo público de investigación más importante de España, y su objetivo es el fomento, la coordinación, el desarrollo, y la difusión de la investigación científica y tecnológica de carácter multidisciplinar. El CSIC colabora con Universidades nacionales e internacionales, Organismos nacionales e internacionales, Empresas nacionales e internacionales, Fundaciones, Asociaciones y otras Instituciones de carácter científico-técnico¹²⁴.

Le siguen La Academia China de Ciencias (45 publicaciones) en segundo lugar, y La Academia Rusa de Ciencias (44 publicaciones) en tercer lugar, separadas estas dos academias por apenas un artículo de diferencia.

Estados Unidos cuenta entre las Instituciones líderes con varias Universidades (su primera universidad en la lista es la *Cornell University*, en el cuarto lugar con 41 publicaciones), una entidad estatal el USDA ARS (*United States Department of Agriculture – Agriculture Research Service*, con 26 publicaciones) y la Empresa Monsanto (30 publicaciones). Esta Empresa norteamericana es una compañía dedicada a la agricultura, y se dedica a aplicar la innovación y la tecnología para ayudar a los granjeros alrededor del mundo a aumentar la producción y la

¹²⁴ CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS. PRESENTACIÓN [en línea]. [Citado en 18 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.csic.es/quien_somos.do>.

conservación de sus cosechas.¹²⁵ Es importante notar el hecho de que Monsanto es la única empresa privada entre las 16 instituciones líderes en publicaciones.

Francia tiene el CNRS (Centro Nacional Francés para la Investigación Científica, con 31 publicaciones) en décimo lugar, y el INRA (Instituto Nacional Francés para la Investigación Agrícola, con 34 publicaciones) en octavo lugar.

El CNRS es una Organización para la investigación fundada por El Gobierno Francés bajo la autoridad administrativa del Ministerio de Investigación y se dice que es la organización más grande en investigación básica de Europa en todos los campos del conocimiento. Está dividida en seis departamentos:

- Matemáticas, Física, Ciencias de la Tierra y Astronomía.
- Química.
- Ciencias de la Vida.
- Humanidades y Ciencias Sociales.
- Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible.
- Información y Ciencias, y Tecnologías de la Ingeniería.

El CNRS promueve la colaboración entre especialistas de diferentes disciplinas en particular con las universidades. El presupuesto anual de CNRS proviene de diversas fuentes, entre ellas se encuentran: fondos del Gobierno y públicos, fondos de CNRS (Principalmente de industriales y contactos de investigación de la Unión Europea, y regalías por patentes, licencias y servicios prestados).¹²⁶

El INRA es el primer Instituto de investigación agronómica de Europa y el segundo del mundo. Realiza investigaciones orientadas a la obtención de una alimentación adaptada, un medio ambiente preservado y una agricultura competitiva y

¹²⁵ MONSANTO. Home [en línea]. [Citado en 24 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.monsanto.com/default.asp>>.

¹²⁶ CNRS. About CNRS [en línea]. [Citado en 25 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www2.cnrs.fr/en/8.htm>>.

sostenible. Es un organismo de investigación científica pública y se encuentra bajo la tutela del Ministerio francés de Educación Superior e Investigación y del Ministerio francés de Agricultura y Pesca. Sus investigaciones se dirigen a la agricultura, la alimentación y la seguridad alimentaria, el medio ambiente y la gestión de territorios, considerando en todo momento el desarrollo sostenible¹²⁷.

Alemania e Inglaterra poseen cada una una Universidad, en los puestos 12 y 13 respectivamente.

Destaca el hecho de Brasil como el único país suramericano con una Institución entre las 16 primeras del mundo. Esta Institución es la Universidad de Sao Paulo que se encuentra en el puesto No. 6 con 37 publicaciones.

6.2.6.1 Redes entre Instituciones

En el Anexo 33 se pueden observar las redes que contienen las colaboraciones entre las Instituciones líderes en publicaciones. Llama la atención la red formada por La Universidad de California, Davis – La Universidad de California, Berkeley – La Academia China de Ciencias – La Universidad de Sao Paulo – La Universidad Cornell – y El USDA ARS (*United States Department of Agriculture – Agriculture Research Service*). En esta red se observa como La Universidad de California, Berkeley es el nodo con más colaboraciones con cuatro en total, dos con universidades estadounidenses y una con la universidad brasilera. También se observa que la compañía Monsanto no tiene ninguna colaboración con las demás Instituciones líderes.

De las redes pequeñas se destaca la colaboración entre el CNRS y el INRA, dos Instituciones francesas líderes en publicaciones con tres colaboraciones entre ellas.

¹²⁷ INRA. El instituto. El INRA a grandes rasgos [en línea]. [Citado en 25 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.international.inra.fr/es/el_instituto/el_inra_a_grandes_rasgos>.

Se analizaron también las redes entre instituciones con más de tres colaboraciones entre ellas (Ver Anexo 34). Se observó que la mayoría son redes entre instituciones de un mismo país. Las redes entre instituciones por lo general son entre universidades y centros de investigación, con excepción de la red formada por Monsanto, Du Pont y Bayer CropSci, que son todas empresas privadas. Es de tener en cuenta en esta última red, que es la única donde existe colaboración entre todos sus integrantes.

6.2.6.2 Redes entre Instituciones y Autores

En el Anexo 35 se pueden observar algunas redes entre los autores más relevantes y las instituciones líderes en publicaciones. La red más sólida está formada por la Universidad Munster (Alemana) con el CSIC (Español). En esta red se encuentran tres autores importantes: Steinbuchel, A. (14 publicaciones), Ferrer, M. (siete publicaciones) y Golyshin, P.M. (siete publicaciones). Estos autores tienen en algunas de sus publicaciones colaboraciones directas (pertenecen a la Institución) o indirectas (han trabajado con autores vinculados a la Institución) con estas instituciones. Alexander Steinbuchel aunque tiene todas sus publicaciones con estas dos instituciones, tiene una relación especial con la Universidad Munster...Véase el numeral 6.2.5...

6.2.7 Temáticas

Para analizar las temáticas relevantes en el área de la Biotecnología, se utilizó el campo ID de la base de datos de ISI. ...Véase sección 4.1.2.1...

En el Anexo 36 se observan las temáticas generales más importantes encontradas en las publicaciones. Las mayores frecuencias se presentan en la genética (Frecuencia=1984), la proteómica (Frecuencia=1430), la tecnología enzimática (Frecuencia=1350) y la medicina (Frecuencia=1215). En los siguientes apartados se desglosan las principales temáticas encontradas.

6.2.7.1 Genética

La genética es la disciplina relacionada con la Biotecnología preferida entre los investigadores y científicos en el mundo. El estudio de la Expresión Genética (Frecuencia=762), los Ácidos Nucleicos (Frecuencia=546), los Transgénicos (Frecuencia=258) y la Genómica (Frecuencia=246) resaltan por su frecuencia en las publicaciones de los últimos años. (Para observar la lista completa, remitirse al Anexo 37).

En el Anexo 39 se encuentran las frecuencias a través de los años de las temáticas de la genética. En dicho Anexo se observa como la expresión genética se mantiene fuerte y creciente a través de los años al igual que los ácidos nucleicos. Los marcadores genéticos muestran un comportamiento creciente al igual que la reacción en cadena de polimerasa.

GENE-EXPRESSION (Expresión genética) es la temática que presenta la mayor frecuencia de aparición en todas las publicaciones científicas analizadas. Dentro de la expresión genética se encuentran a su vez algunas palabras clave (Ver Anexo 37). Se destaca la Transcripción de Genes (Frecuencia=119) por encima de todos los tópicos. Otras palabras clave destacadas son la expresión genética de alto nivel (Frecuencia=23), la secuencia expresada por los genes (Frecuencia=23), y la regulación genética (Frecuencia=22).

En la Genómica se destacan algunas palabras clave (Ver Anexo 37), como el estudio de los genomas (Frecuencia=63) y su secuencia (Frecuencia=48), que se encuentran encabezando la lista. Le siguen en orden descendente el estudio de la genómica funcional (Frecuencia=32) y el genoma humano (Frecuencia=31).

Los transgénicos es otra de las temáticas relacionadas con la genética, con mayor frecuencia en las publicaciones. Las plantas transgénicas es el tema que mayor frecuencia presenta (Frecuencia=97), así como *transgenic crops* (plantas transgénicas cultivadas con propósitos económicos, Frecuencia=29), las plantas

de tabaco (Frecuencia=31) y de algodón transgénicas (Frecuencia=25). (Ver Anexo 37)

Las plantas transgénicas son plantas que han sido estructuradas genéticamente. Esta forma de reproducción utiliza técnicas de ADN recombinante para crear plantas con nuevas características. Son identificadas como una clase de organismos genéticamente modificados (OMG)¹²⁸. Estas plantas modificadas genéticamente presentan algunas mejoras como mayor calidad nutricional; resistencia a los insectos, enfermedades, herbicidas; tolerancia a la sal; y ventajas para la Biofarmacéutica, entre otras¹²⁹.

El estudio de los ácidos nucleicos juega un papel fundamental en la genética, como se evidencia en el hecho de que una de las revistas con mayor número de publicaciones en Biotecnología, *NUCLEIC ACIDS RESEARCH* (Investigación en ácidos nucleicos), hace referencia a este tema. El ácido nucleico más encontrado es el ADN (Frecuencia=324), seguido por el ARN (Frecuencia=186) (Ver Anexo 37). Además se analiza en forma continua la estructura y secuencia de los nucleótidos (Frecuencia=96).

Todas las células tienen el mismo diseño básico y hablan el mismo lenguaje genético, por lo que el ADN procedente de una célula puede ser leído e interpretado por otra célula, inclusive un tipo de célula diferente de una especie diferente. Esta característica es la que convierte al ADN en la piedra angular de la Biotecnología¹³⁰.

Dentro de la temática del ADN se destacan a su vez algunas palabras claves como el *CDNA* (ADN complementario, Frecuencia=31), *DNA MICROARRAYS*

¹²⁸ ScienceDaily [en línea]. Transgenic plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedaily.com/articles/t/transgenic_plants.htm>.

¹²⁹ Kimball's Biology Pages [en línea]. Transgenic Plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/T/TransgenicPlants.html>>.

¹³⁰ Biotechnology Industry Organization (BIO). What Is Biotechnology? Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

(Chips de ADN, Frecuencia=20), y *T-DNA* (ADN transferido, Frecuencia=17). (Ver Anexo 37 para mayor detalle)

En la temática del ARN sobresalen palabras clave como *MESSENGER-RNA* (ARN-Mensajero, Frecuencia=55), *RIBOSOMAL-RNA* (ARN ribosomal, Frecuencia=31), *DOUBLE-STRANDED-RNA* (ARN con enlace doble, Frecuencia=28), y *RNA INTERFERENCE* (ARN interferente, Frecuencia=25). (Ver Anexo 37 para mayor detalle)

El ARN tiene diferentes funciones en la célula como portador de información genética, catalizador de reacciones bioquímicas, molécula adaptadora en la síntesis de proteínas y molécula estructural en los orgánulos celulares¹³¹. El ARN mensajero (*MESSENGER-RNA*) transporta los planos de las proteínas desde el ADN de una célula hasta sus ribosomas, que son las máquinas que dirigen la síntesis de proteínas¹³².

6.2.7.2 Proteómica

La proteómica se deriva de la genómica, y puede entenderse como el análisis a gran escala de las proteínas para entender la función de los genes y los genomas en la era post-genómica¹³³. En el Anexo 38 se encuentran las frecuencias de las temáticas en la proteómica. Encabezan la lista la identificación de proteínas (Frecuencia=171) y la separación de las proteínas (Frecuencia=96), el análisis de la secuencia de las proteínas (Frecuencia=152), las proteínas ligantes (Frecuencia=133) y la caracterización de las proteínas (Frecuencia=88).

¹³¹ Science Encyclopedia [en línea]. RNA Function. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://science.jrank.org/pages/5892/RNA-Function.html>>.

¹³² Scitable Beta [en línea]. Genetics. RNA Functions. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nature.com/scitable/topicpage/RNA-Functions-352>>.

¹³³ MORENO, Pedro A. Genómica y Proteómica [en línea]. D. [Citado en 26 de enero de 2009]. Disponible en: <http://eisc.univalle.edu.co/materias/FundamentosBioinformatica/material/C11_Proteomica.pdf>.

Para la identificación de las proteínas el método más utilizado es la espectrometría de masas, seguido por la espectroscopía. En la separación de proteínas los métodos de mayor uso son la electroforesis y la cromatografía...Véase sección 6.3.7.8...

Dentro de las proteínas se encuentran algunos tópicos destacados como *AMINO-ACIDS* (Aminoácidos, Frecuencia=147), *PEPTIDES* (Péptidos, Frecuencia=132), *GREEN FLUORESCENT PROTEIN* (Proteína verde fluorescente, Frecuencia=50) y *GLYCOPROTEINS* (Glicoproteínas, Frecuencia=44). (Ver Anexo 38)

Entre los aminoácidos, la lisina (Frecuencia=25) y la tirosina (Frecuencia=15) son los que presentan la mayor frecuencia. (Ver Anexo 38)

La **lisina** es uno de los aminoácidos esenciales que el ser humano debe obtener por medio de los alimentos que consume. Juega un rol fundamental en la formación del esqueleto y la formación del colágeno. La deficiencia de este aminoácido puede generar una baja en las defensas del organismo, anemia o disfunciones enzimáticas¹³⁴.

Con la caracterización de las proteínas se encuentran relacionadas algunas palabras clave (Ver Anexo 38). La más destacada es *MOLECULAR CHARACTERIZATION* (Caracterización molecular, Frecuencia=36).

6.2.7.3 Tecnología enzimática

La tecnología enzimática es un sub-campo de la Biotecnología con numerosas aplicaciones industriales que ofrecen un potencial enorme para la producción de bienes, y de esta manera satisfacer algunas de las necesidades humanas.

Los tópicos sobresalientes relacionados con las enzimas se observan en el Anexo 40. Resaltan por su mayor frecuencia las hidrolasas (*HYDROLASES*,

¹³⁴ LaboSalud: Droguería [en línea]. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.labosalud.com/salud-belleza/L-Lysine-500.asp>>.

Frecuencia=443), las oxirreductasas (*OXIDOREDUCTASES*, Frecuencia=324), la función en el metabolismo de las enzimas (*METABOLISM*, Frecuencia=294), las transferasas (*TRANSFERASES*, Frecuencia=188) y las ligasas (*LIGASES*, Frecuencia=106).

En el Anexo 41 se encuentran los tópicos más importantes relacionados con las enzimas y sus frecuencias respectivas a través de los años. Las áreas de mayor frecuencia no presentan un comportamiento claro a través de este periodo de tiempo (enero del 2004-noviembre del 2008), y se observan algunas áreas con frecuencias crecientes como *LYTIC ENZYMES* (Enzimas líticas), *ISOMERASES* (Isomerasas), *BIODEGRADATION* (Biodegradación) y *ENANTIOSELECTIVITY* (Enantioselectividad).

Las **hidrolasas** son la clase de enzima de mayor importancia para los químicos orgánicos y son las enzimas más ampliamente conocidas y frecuentemente usadas en el campo¹³⁵. Entre esta clase de enzimas se destacan la lipasa (Frecuencia=98) y la proteasa (Frecuencia=85) con las mayores frecuencias. (Ver Anexo 40)

La **proteasa** (*PROTEASE*) es una enzima necesaria para la digestión de las proteínas. Las proteasas hidrolizan o rompen las proteínas. Estas enzimas son importantes porque rompen los enlaces peptídicos en las comidas proteicas liberando los aminoácidos necesarios para el organismo, y además han sido usadas por muchos años en varias formas de terapia. Sus usos en la medicina están basados en una gran cantidad de estudios clínicos con beneficios para la

¹³⁵ BERGLUND, Per. Hydrolases in Organic Synthesis: Regio- and Stereoselective Biotransformations. ChemBioChem [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.chemie.uni-greifswald.de/~biotech/assets/downloads/2006_CBC_2nded_review.pdf>.

oncología, condiciones inflamatorias, control reológico sanguíneo y regulación inmune¹³⁶.

La clase de las oxirreductasas está liderada por la oxidasa (Frecuencia=112) y la deshidrogenasa (Frecuencia=75). (Ver Anexo 40)

La **oxidasa** es la enzima que cataliza una reacción de oxido/reducción que involucra el oxígeno (O₂) como el electrón receptor. Una importante clase de estas enzimas es la *Citocromo Oxidasa*, la cual es una superfamilia de proteínas que actúan como enzimas terminales de las cadenas respiratorias¹³⁷.

Con el metabolismo están asociadas las palabras clave que se observan en el Anexo 40. Se destaca por encima de todas la *BIOSYNTHESIS* (Biosíntesis o Anabolismo, Frecuencia=124), *ENZYME CATALYSIS* (Catálisis enzimática, Frecuencia=73), y *BIOCATALYSIS* (Biocatálisis, Frecuencia=37).

La Catálisis enzimática es una de las tecnologías clave en el área creciente de la biotecnología industrial, el uso de enzimas en la síntesis de químicos finos es un campo con bases sólidas que ha afrontado un crecimiento explosivo en los últimos años¹³⁸.

En el Anexo 40 también se encuentran las transferasas de mayor frecuencia encontradas en las publicaciones analizadas. La Kinasa (*KINASE*, Frecuencia=60) y la polimerasa (*POLYMERASE*, Frecuencia=42) son las más importantes de todas.

Una de las quinasas más importante es la *tyrosine kinase*, que es parte de una molécula receptor-enzima que se acciona por la interacción de hormonas como la

¹³⁶ Enzyme Essentials [en línea]. Protease. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.enzymeessentials.com/HTML/protease.html>>.

¹³⁷ University of Illinois at Urbana-Champaign, [en línea]. Cytochrome oxidase. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.life.uiuc.edu/crofts/bioph354/cyt_ox.html>.

¹³⁸ BERGLUND. Op. cit.

insulina y factores de crecimiento, con la parte de la molécula que actúa como receptor¹³⁹.

La **polimerasa** es importante por su función en la polimerización de ácidos nucleicos en los procesos de replicación y transcripción. Una polimerasa destacada es la obtenida de la bacteria termofílica, *Thermus aquaticus*, que es muy comercializada por su uso en la reacción en cadena de polimerasa, una técnica ampliamente usada en la biología molecular¹⁴⁰.

Entre las ligasas encontradas, la sintasa (Frecuencia=82) es la enzima que mayor frecuencia presenta. (Ver Anexo 40)

6.2.7.4 Medicina

En el Anexo 43 se pueden observar los principales tópicos de la medicina a través de los años (2004-2008). Los tópicos están ordenados en orden descendente según su frecuencia. Las enfermedades (*DISEASES*, Frecuencia=405) encabezan la lista, seguidas de los estudios de inmunología (*IMMUNOLOGY*, Frecuencia=196), y el análisis de los anticuerpos (*ANTIBODIES*, Frecuencia=139), principalmente *MONOCLONAL ANTIBODIES* (Anticuerpos monoclonales) con una frecuencia de 60 apariciones. Se observan comportamientos de aumento en la frecuencia de algunos tópicos como *DRUGS* (Drogas, Frecuencia=97), *TOXICOLOGY* (Toxicología, Frecuencia=96), *THERAPEUTICS* (Terapéutica, Frecuencia=80), *ANTIBIOTICS* (Antibióticos, Frecuencia=34), *HAIR* (Cabello, Frecuencia=23), y el *INTERFERON* (Interferón, Frecuencia=22).

En la Figura 24 se observan las enfermedades más estudiadas, relacionadas con soluciones biotecnológicas. El cáncer lidera ampliamente las investigaciones,

¹³⁹ Temas de Bioquímica para estudiantes de ciencias biomédicas [en línea]. Las Quinasas o Kinasas. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://temasdebioquimica.wordpress.com/2008/07/13/las-quinasas-o-kinasas/>>.

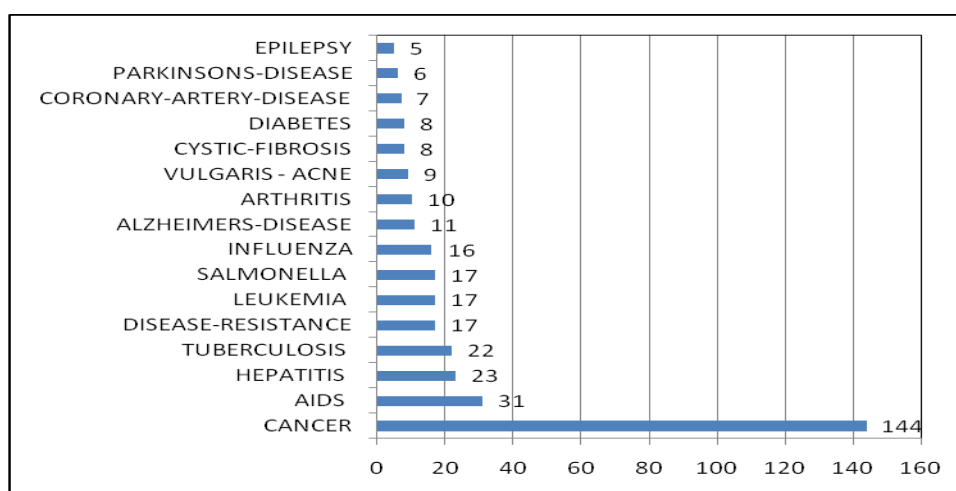
¹⁴⁰ Wikipedia The Free Encyclopedia. [en línea]. Polymerase. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Polymerase>>.

seguido por *AIDS* (SIDA), la hepatitis y la tuberculosis. Para observar la lista completa de las enfermedades, remitirse al Anexo 42.

El gran avance de la Biotecnología en el tratamiento del cáncer, ha sido el desarrollo de medicamentos específicos para los distintos tipos de células cancerígenas. Con un mayor entendimiento de los mecanismos detrás de la división de las células cancerígenas, marcadores específicos de estas células pueden ser identificados. El desarrollo de los anticuerpos monoclonales ha permitido el desarrollo de nuevos tratamientos contra el cáncer¹⁴¹.

En la Figura 25 se encuentran las palabras clave asociadas con el cáncer. Las de mayor frecuencia son carcinoma y *BREAST-CANCER* (Cáncer de seno).

Figura 24. Enfermedades más estudiadas



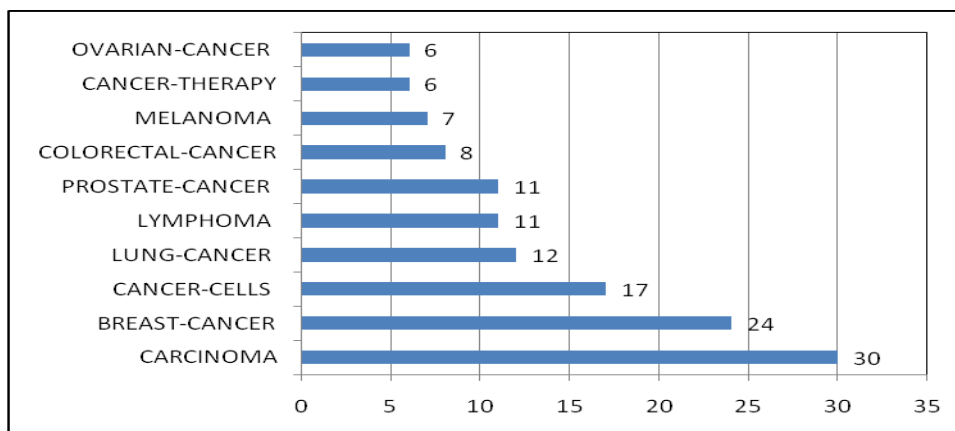
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

En el Anexo 44 se puede advertir un comportamiento creciente en algunas enfermedades como la artritis, el acné, la fibrosis cística, y la epilepsia.

¹⁴¹ Bioimpact Biotechnology for patients [en línea]. Biotechnology for cancer. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <www.france-biotech.org/load.asp?ID_DOC=1366>.

Con la inmunología se encuentran relacionadas algunas palabras clave, que presentaron una frecuencia importante, como por ejemplo *ANTIGEN* (Antígenos, Frecuencia=83), que lidera la lista por un amplio margen, secundado por *PATHOGENS* (Patógenos, Frecuencia=32) e *IMMUNOASSAY* (Inmunoensayo, Frecuencia=30). (Ver Anexo 42)

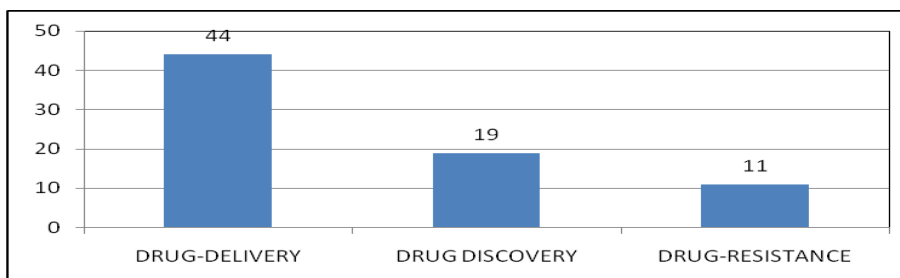
Figura 25. Palabras clave relacionadas con el cáncer



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

DRUGS (Drogas) es otro de los principales tópicos de la medicina. En la Figura 26 se encuentran las palabras clave asociadas a esta temática. Sobresale *DRUG-DELIVERY* (Vías de administración de fármacos, Frecuencia=44).

Figura 26. Palabras clave asociadas a las drogas



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

La administración de fármacos se está transformando en un área de investigación independiente e interdisciplinaria, y está acaparando la atención de los fabricantes farmacéuticos, los galenos y la industria¹⁴².

Entre las palabras clave relativas a la sangre, se destacan *T-CELLS* (Células-T, Frecuencia=21) y *HEMOGLOBIN* (Hemoglobina, Frecuencia=10). (Ver Anexo 42)

Con la terapéutica (*THERAPEUTICS*), la principal palabra clave asociada es *GENE-THERAPY* (Terapia génica) con una frecuencia de 19 apariciones. (Ver Anexo 42)

Entre las Vacunas (*VACCINES*), las *DNA VACCINES* (Vacunas de DNA) presentan la mayor frecuencia (8 apariciones) (Ver Anexo 42). Las vacunas de ADN es un campo que promete mucho pero necesita más investigación para mejorar su efectividad y asegurar su uso en los humanos¹⁴³.

Los órganos más estudiados por los científicos también se encuentran en el Anexo 42. *LIVER* (Hígado) es el que presenta la mayor frecuencia (24 apariciones).

Los tipos de células madre encontrados fueron *EMBRYONIC STEM-CELLS* (Células madre embrionarias, Frecuencia=17) y *MESENCHYMAL STEM-CELLS* (Células madre mesenquimales, Frecuencia=11).

¹⁴² OIRVE, Gorka, et al. Drug delivery in biotechnology: present and future. *Current Opinion in Biotechnology*. [en línea]. 2003, vol. 14, no. 6, pp. 659-664. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VRV-4B4P78N-9&_user=2620291&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000058185&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2620291&md5=fe8bd69fd63956c71d0f13f637cdcf6d6>.

¹⁴³ MALLON, Shane. DNA Vaccines: Treatment Options for Autoimmune Diseases. *Basic Biotechnology eJournal* [en línea]. 2008, vol. 4, no. 1 [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://ejournal.vudat.msu.edu/index.php/mmg445/article/viewArticle/277>>.

Puede ser posible tratar pacientes trasplantando células madre especializadas que han crecido a partir de células madre en el laboratorio. Actualmente ya se ha logrado trasplantar células cutáneas en pacientes con quemaduras severas¹⁴⁴.

NEURONS (neuronas) es otra palabra clave importante con una frecuencia de 44.

Uno de los tópicos con comportamiento creciente en la medicina es el uso de la biotecnología en la industria cosmética. Prueba de esto es el estudio del cabello *HAIR* (Frecuencia=23). Usando un oligonucleótido de ADN-ARN (quimérico), para corregir la mutación de los albinos, se puede hacer crecer pelo pigmentado en ratones albinos. La investigación de los **folículos pilosos** (*HAIR FOLLICLES*, Frecuencia=11) es un área que contiene no solo un gran interés para los científicos, sino también enorme potencial para el comercio¹⁴⁵.

6.2.7.5 Química

En el Anexo 45 se observan las temáticas de la química relacionadas con la Biotecnología.

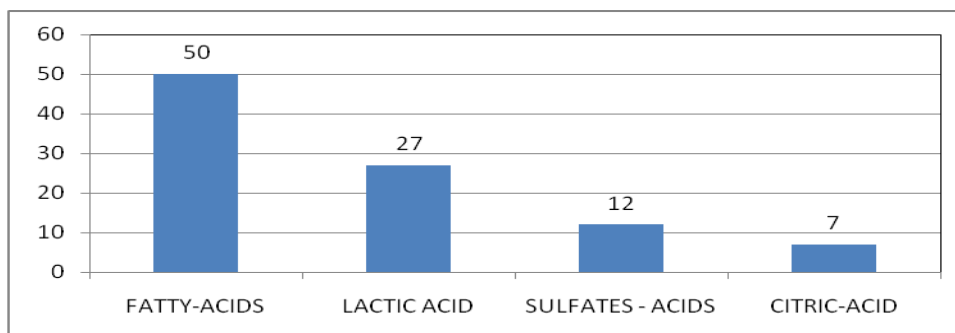
Entre los compuestos químicos de mayor frecuencia se encuentran los ácidos (*ACIDS*, Frecuencia=244), los compuestos orgánicos (*ORGANIC COMPOUNDS*, Frecuencia=48) y el etanol (*ETHANOL*, Frecuencia=50). (Ver Anexo 45)

En la Figura 27 se observan los ácidos de mayor frecuencia de aparición. Se destacan los ácidos grasos (*FATTY-ACIDS*) y el ácido láctico (*LACTIC ACID*).

¹⁴⁴ Biotechnology Australia. Stem cells [en línea]. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biotechnology.gov.au/index.cfm?event=object.showContent&objectID=D3308184-BCD6-81AC-116581F40B213F3C>>.

¹⁴⁵ HOFFMAN, Robert M. The hair follicle as a gene therapy target. *Nature Biotechnology* [en línea]. 2000, [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.nature.com/nbt/journal/v18/n1/full/nbt0100_20.html>.

Figura 27. Ácidos de mayor frecuencia



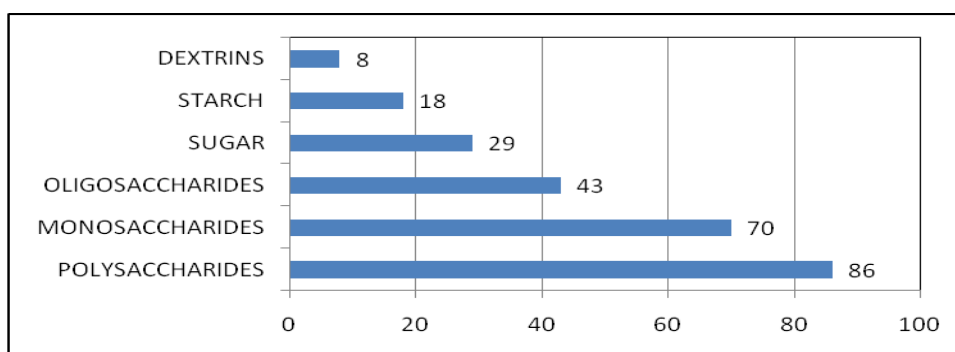
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Entre las palabras clave relacionadas con los compuestos orgánicos, las de mayor frecuencia son los hidrocarburos (Frecuencia=33), la flavina (Frecuencia=21), y los fenoles (Frecuencia=19). (Ver Anexo 45)

Las reacciones químicas de mayor frecuencia en las publicaciones fueron la hidrólisis (*HYDROLYSIS*, Frecuencia=60) y la síntesis (*SYNTHESIS*, Frecuencia=43). (Ver Anexo 45)

Otro tema muy importante en la Biotecnología son los carbohidratos. En la Figura 28 se observan las principales temáticas asociadas a los carbohidratos con su respectiva frecuencia.

Figura 28. Temáticas relacionadas con los carbohidratos



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* de los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

El polisacárido que presentó la mayor frecuencia fue la celulosa con 30 apariciones; de los monosacáridos los de mayor frecuencia de aparición fueron la glucosa (Frecuencia=37) y la xilosa (Frecuencia=29); y de los oligosacáridos el de mayor frecuencia fue la trealosa (Frecuencia=6). (Ver Anexo 45)

El estudio de las moléculas es otra temática importante. Su lista de palabras clave asociadas está encabezada por *LIPIDS* (lípidos, Frecuencia=43). (Ver Anexo 45)

La palabra clave asociada a los polímeros con la mayor frecuencia es *POLIMERIZATION* (Polimerización, Frecuencia=24), seguida de *COPOLYMERS* (Copolímeros, Frecuencia=23). (Ver Anexo 45)

6.2.7.6 Microorganismos

En el Anexo 46 se encuentran las temáticas relativas a los microorganismos. *BACTERIUM* (Bacterias, Frecuencia=1015) es la de mayor frecuencia, seguida por *MICROBES* (Microbios, Frecuencia=48) y *MICROBIOLOGY* (Microbiología, Frecuencia=38).

En el Anexo 47 se observa la evolución de la frecuencia de las temáticas más importantes de los microorganismos a través de los años. Se observan algunos comportamientos crecientes en algunas palabras clave como *MICROBIOLOGY* (Microbiología), *BIOTRANSFORMATION* (Biotransformación), *BIOFILMS*, y *UNCULTURED MICROORGANISMS* (Microorganismos sin cultivar).

La bacteria que presenta la mayor frecuencia es la *ESCHERICHIA-COLI* (Frecuencia=388). En segundo lugar está *BACILLUS* (Bacilos, Frecuencia=152), en tercer lugar las *pseudomonas* (Frecuencia=108), seguidas por *Agrobacterium* (Frecuencia=98). (Ver Anexo 46)

Entre los bacilos, los más destacados son el *BACILLUS-SUBTILIS* (Frecuencia=32) y el *BACILLUS-THURINGIENSIS* (Frecuencia=30). En el género de las *pseudomonas* sobresale la *PSEUDOMONAS-AERUGINOSA* con una

frecuencia de 34. Otro tópico clave relacionado con las bacterias es *AGROBACTERIUM*. La más destacada es la *AGROBACTERIUM-TUMEFACIENS* (Frecuencia=44). (Ver Anexo 46)

La *Agrobacterium-Tumefaciens* ha tenido un uso extensivo en la ingeniería genética de las plantas. Se usa para estructurar los genes escogidos en el ADN de transferencia de un plásmido en condiciones de laboratorio, y después integrarlos a los cromosomas de una planta cuando el ADN es transferido¹⁴⁶.

Entre el dominio de las *ARCHAEA* (Arquea) el género que en más ocasiones se presentó fue *SULFOLOBUS* con una frecuencia de 12.

6.2.7.7 Biología Celular

El estudio de las células y sus componentes juega un rol muy importante en la Biotecnología. En el Anexo 48 se encuentran sus temáticas.

Una de las temáticas de mayor frecuencia son las membranas celulares (Frecuencia=154). Las palabras clave más sobresalientes asociadas a esta temática son *CYTOCHROME* (Citocromo, Frecuencia=29) y *MEMBRANE-PROTEINS* (Proteínas de la membrana, Frecuencia=19). (Ver Anexo 48)

Otras temáticas importantes de la Biología Celular son *TISSUE CULTURES* (Frecuencia=105) y *CELL CULTURE* (Frecuencia=93). La palabra clave de mayor frecuencia asociada a esta última temática es *CELL-SUSPENSION CULTURES* (Cultivos de suspensiones celulares, Frecuencia=60) (Ver Anexo 48). Este tipo de cultivo celular permite la propagación de la suspensión celular aumentando la masa celular del cultivo a través de las generaciones posteriores. Hoy en día este

¹⁴⁶ DEACON, Jim. The Microbial World: Biology and Control of Crown Gall (*Agrobacterium tumefaciens*) [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/microbes/crown.htm>>.

tipo de cultivos es el más usado por la facilidad de propagación, caracterización, cuantificación y capacidad de repetición de las muestras¹⁴⁷.

6.2.7.8 Tecnologías

Entre las temáticas asociadas a las tecnologías, las de mayor frecuencia son la nanotecnología (*NANOTECHNOLOGY*, Frecuencia=177) y la cristalografía (*CRYSTALLOGRAPHY*, Frecuencia=144). Les siguen la espectrometría de masas (*MASS-SPECTROMETRY*, Frecuencia=92), los biosensores (*BIOSENSORS*, Frecuencia=91), la electroforesis (*ELECTROPHORESIS*, Frecuencia=85) y la cromatografía (*CHROMATOGRAPHY*, Frecuencia=79), entre otras. (Ver Anexo 49)

La extensión de la **cristalografía** a otros sistemas como los virus, complejos inmunes, y complejos de ácidos nucleicos y proteínas, sirven para aumentar el atractivo de esta técnica para los investigadores. Diseño de drogas basado en la estructura, mutagénesis dirigida, elucidación de los mecanismos enzimáticos y especificidad en las interacciones enlace-proteína son solo algunas de las áreas en las cuales la cristalografía asistida por rayos X ha proporcionado una mayor claridad¹⁴⁸.

En el Anexo 50 se pueden observar las frecuencias en el uso de las tecnologías a través de los años. Presentan un comportamiento creciente *NANOTECHNOLOGY* (Nanotecnología), *MASS – SPECTROMETRY* (Espectrometría de masas), *ELECTROPHORESIS* (Electroforesis), *BIOINFORMATICS* (Bioinformática), *BIOREACTORS* (Biorreactores) y *MICROARRAY TECHNOLOGIES* (Tecnología de chips de ADN).

¹⁴⁷ Cultek. Introducción a los cultivos celulares [en línea]. [Citado en 29 de enero de 2009]. Disponible en: <http://www.cultek.com/inf/otros/soluciones/Soluciones-Cultivos_celulares-Introduccion.pdf>.

¹⁴⁸ SMYTH, M. S. y MARTIN, J H J. x Ray crystallography. *Journal of Clinical Pathology* [en línea]. 2000, vol. 53, no. 1 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 8-14. Disponible en: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1186895>>.

Las palabras clave relativas a la nanotecnología más destacadas por su frecuencia son: *NANOPARTICLES* (Nanopartículas, Frecuencia=63) y *SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS* (Autoensamblaje de monocapas – SAM, Frecuencia=25). (Ver Anexo 49)

Extensas librerías de **nanopartículas**, conformadas por gran variedad de tamaños, formas y materiales, y con diversas propiedades químicas y superficiales, ya han sido construidas hoy en día. La nanotecnología está bajo un constante y rápido crecimiento, por lo que nuevas incorporaciones continuarán alimentando estas librerías.

La **electroforesis** es una tecnología muy importante en la separación de proteínas. El tipo de electroforesis de mayor frecuencia es *CAPILLARY ELECTROPHORESIS* (Electroforesis capilar, Frecuencia=22). (Ver Anexo 49)

El incremento del uso de técnicas relacionadas con la electroforesis capilar (*CE*, por su sigla en inglés), la ha convertido en una práctica rutinaria en la Biotecnología. Las proteínas derivadas del ADN recombinante y los oligonucleótidos antisentidos constituyen una gran parte de la aplicación de estas técnicas¹⁴⁹.

La palabra clave relacionada con la cromatografía que presenta la mayor frecuencia, es *LIQUID-CHROMATOGRAPHY* (Cromatografía líquida, Frecuencia=31). (Ver Anexo 49)

La espectroscopía es otra de las tecnologías de mayor frecuencia. La palabra clave de mayor frecuencia encontrada asociada esta tecnología es *INFRARED-SPECTROSCOPY* (Espectroscopia infrarroja) con una frecuencia de 18 apariciones.

¹⁴⁹ LAGU, Avinash L. Applications of capillary electrophoresis in biotechnology. Wiley InterScience: Journals [en línea]. 1999, vol. 20, no. 15-16 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 3145-3155. Disponible en: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/66004856/abstract>>.

6.2.7.9 Técnicas usadas en la Biotecnología

La Biotecnología requiere de técnicas especializadas para poder realizar sus avances y descubrimientos. En el Anexo 51 se observan las técnicas con su respectiva dinámica de uso a través de los años. Algunas técnicas presentan comportamientos crecientes, como por ejemplo la técnica del ADN recombinante (*RECOMBINANT DNA TECHNIQUE*, Frecuencia=313), *IN-VIVO* (Frecuencia=110), reacción en cadena de polimerasa (*POLYMERASE CHAIN REACTION*, Frecuencia=83) y la citometría de flujo (*FLOW-CYTOMETRY*, Frecuencia=14).

En el Anexo 52 se encuentran las palabras clave de mayor frecuencia relacionadas con *in-vitro*. Esta técnica es la que se usa con mayor frecuencia en la biotecnología (Frecuencia=332).

Muchos consideran que la técnica del ADN recombinante es la piedra angular de la Biotecnología moderna. Su nombre significa literalmente recombinar dos partes separadas de ADN provenientes de dos especies distintas¹⁵⁰. Esta es la segunda técnica mas encontrada en las publicaciones. Entre las palabras clave asociadas a esta técnica se destaca clonación (*CLONING*, Frecuencia=187), que es una de las etapas o pasos de la técnica del ADN recombinante. La palabra clave de mayor frecuencia relacionada con la clonación es la clonación molecular (*MOLECULAR CLONING*, Frecuencia=39). (Ver Anexo 52)

6.2.7.10 Seres vivos de mayor frecuencia

Hay tres seres vivos encontrados en la búsqueda de publicaciones que se destacan por sus altas frecuencias de aparición. Estos organismos se encuentran en la Tabla 10 con sus respectivas frecuencias a través de los años.

¹⁵⁰ Bio-scope. DNA technology. BIO-SCOPE.COM-BIOTECHNOLOGY, BIOTECHNIQUES & TECHNOLOGY GUIDE [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio-scope.com/dna-technology.htm>>.

Tabla 10. Frecuencias de los organismos más encontrados

Tópico	2004	2005	2006	2007	2008	Total
<i>ESCHERICHIA-COLI</i>	64	90	82	85	67	388
<i>SACCHAROMYCES-CEREVISIAE</i>	28	23	34	44	24	153
<i>ARABIDOPSIS-THALIANA</i>	28	30	29	36	27	150

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

La *ESCHERICHIA-COLI* constituye el organismo con la mayor frecuencia. El software *Matheo Analyzer* permite realizar cruces entre palabras clave, y así poder observar la relación de alguna temática con el resto. En el Anexo 53 se encuentra la relación de la *E. coli* con las áreas principales encontradas en la búsqueda. Los círculos en las ramas encierran la frecuencia que presentó esta bacteria con cada una de las áreas. Las mayores frecuencias se presentan con la genética, las enzimas y la proteómica.

Los avances en la biología molecular, la genética y la bioquímica en el transcurso de las pasadas cuatro décadas han generado un enorme desarrollo en la Biotecnología. Los estudios con la *Escherichia coli* han desempeñado un papel muy importante en estos avances y las bacterias han estado en las líneas principales de muchos avances tecnológicos.

En las últimas dos décadas los procedimientos genéticos han evolucionado, lo que permitió la preparación de variantes genéticas de la *E. coli* que poseen capacidades productivas bastante específicas. A medida que se fue conociendo a fondo la estructura genética de esta bacteria, y debido a que es un organismo que puede crecer en un medio simple (sales minerales y glucosa) bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas, la *E. coli* se convirtió en la base de la mayoría de los desarrollos en las manipulaciones genéticas, conduciendo de esta manera a la ingeniería genética. Variantes genéticas de la *Escherichia coli* están siendo estructuradas genéticamente para producir algunas proteínas de los mamíferos, especialmente productos de interés médico o veterinario incluyendo enzimas o componentes de vacunas. También ha sido usada para fabricar otras sustancias

como enzimas útiles en la degradación de celulosa y compuestos aromáticos, y enzimas para la producción de etanol. Podría no haber límite en lo que se puede producir con esta bacteria a través de la técnica del ADN recombinante, mientras que la sustancia sea un producto natural para el cual se pueda encontrar una secuencia en los genes¹⁵¹.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es el segundo organismo con la mayor frecuencia. En el Anexo 54 se encuentra la relación de esta levadura con otras áreas. Las mayores frecuencias se encuentran en la genética, las enzimas y la química.

En el género de las *Saccharomyces*, la especie *cerevisiae* representa la levadura y es el microorganismo eucariota más estudiado. Una característica importante de esta levadura es el pequeño tamaño de su genoma, lo que hizo más fácil su secuenciación, entre otras virtudes que se han vuelto evidentes conforme se desarrollan nuevos métodos de estudio. El genoma de esta levadura es solamente unas cuantas veces mayor que el de la *E. coli* y 200 veces menor que el de las células de un mamífero, lo que facilita su análisis genético y molecular¹⁵².

La *Arabidopsis thaliana* es el tercer organismo que se destaca por su alta frecuencia. En el Anexo 55 se encuentra su relación con otras áreas. Su mayor frecuencia se encuentra con la genética, que se separa por un amplio margen de las enzimas en segundo lugar, y la proteómica en el tercero.

La *Arabidopsis thaliana* es una pequeña planta usada como organismo modelo en investigaciones de la biología molecular, la fisiología y la genética de plantas. Es

¹⁵¹ TODAR, Kenneth. *E. coli* Infections - Biotechnological Applications of *E. coli*. The Microbial World [en línea]. 2005 [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://bioinfo.bact.wisc.edu/themicrobialworld/E.coli.html>>.

¹⁵² GONZALEZ, Alicia y VALENZUELA, Lourdes. *Saccharomyces cerevisiae*. Revista Latinoamericana de Microbiología [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO_20/Capitulo20.pdf>.

miembro de la familia de las *Brassicaceae*. Aunque no se utiliza con fines agronómicos, presenta las siguientes ventajas en la investigación¹⁵³:

- Un genoma pequeño con sólo 5 cromosomas. El genoma se completó en diciembre de 2000 (125 Mb total, alrededor de 25.000 genes, el 70% tendría ya una función asignada).
- Se poseen actualmente los mapas genético y físico detallados de sus 5 cromosomas.
- Tiene un ciclo de vida veloz: aproximadamente 6 semanas entre la germinación y la aparición de semillas maduras.
- Fácil producción de semillas y fácil cultivo en condiciones de laboratorio.
- Presenta una transformación eficiente con *Agrobacterium tumefaciens*.
- Alta cantidad de líneas mutantes.

6.2.7.11 Biotecnología de los Hongos

Los hongos han sido importantes tanto en los procesos biotecnológicos antiguos como en los modernos. Estos procesos incluyen la elaboración de pan, la elaboración de cerveza, y la producción de antibióticos, alcoholes, enzimas, ácidos orgánicos y gran cantidad de farmacéuticos¹⁵⁴.

En el Anexo 57 están enlistadas las temáticas relacionadas con los hongos. Las de mayor frecuencia son *YEAST* (levaduras, Frecuencia=246), *ASPERGILLUS-NIGER* (Frecuencia=33), y *PHANEROCHAETE-CHRYSOSPORIUM* (Frecuencia=31).

¹⁵³ ArgenBio Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. *Arabidopsis thaliana*. ArgenBio [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.argenbio.org/h/lineat/2000.php>>.

¹⁵⁴ BENNET, John W. Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. *Journal of Biotechnology* [en línea]. 1998, vol. 66, no. 2 [Citado en 11 de febrero de 2009], pp. 101-107. Disponible en: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/01681656/1998/00000066/00000002/art00133>>.

En el Anexo 56 se encuentran las frecuencias de relación de los hongos con otras áreas de la Biotecnología. Las mayores frecuencias están asociadas con las enzimas, la química y la genética. Su mayor frecuencia con las enzimas se justifica en el hecho de que muchas enzimas utilizadas actualmente en la industria, se producen a partir de algunos tipos de hongos.

Las levaduras son los hongos microscópicos unicelulares que presentaron la mayor frecuencia. Las levaduras más importantes son: *SACCHAROMYCES-CEREVISIAE* (Frecuencia=153) y *PICHIA* (Frecuencia=27). (Ver Anexo 57)

6.2.7.12 Biología del desarrollo

Con la Biología del desarrollo se encuentran asociadas las temáticas presentadas en el Anexo 58. *GROWTH* (crecimiento, Frecuencia=206) es la temática de mayor frecuencia, seguida por *EMBRYOS* (embriones, Frecuencia=156).

GROWTH-FACTOR (Factor de crecimiento, Frecuencia=47) se refiere a cualquiera de las 20 pequeñas proteínas que se unen a receptores específicos en la superficie de las células madre en la médula ósea y promueven la maduración y diferenciación de estas células en constituyentes morfológicos de la sangre¹⁵⁵.

La embriología es otra de las temáticas destacadas en la biología del desarrollo. La palabra clave de mayor frecuencia relacionada con esta temática es *EMBRYOGENESIS* (embriogénesis, Frecuencia=85), y *SOMATIC EMBRYOGENESIS* (embriogénesis somática, Frecuencia=37) es la palabra clave asociada con la embriogénesis con la frecuencia más alta. (Ver Anexo 58).

En el Anexo 59 se encuentran las frecuencias de las temáticas de la biología del desarrollo a través de los años. No se observan ningún comportamiento creciente.

¹⁵⁵ BIOTECH100. Growth Factor. Biotechnology Encyclopedia [en línea]. [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.pipelinedrugs.com/biotechnology_encyclopedia/growth_factor.htm>.

6.2.7.13 Ciencia

En esta área se agruparon algunas palabras clave como *MODELS* (Modelos, Frecuencia=98), *INNOVATION* (Innovación, Frecuencia=58), y *THERMODYNAMICS* (Termodinámica, Frecuencia=53), entre otras (Ver Anexo 60). En el Anexo 61 se detalla la lista completa, con sus frecuencias respectivas a través de los años, y su frecuencia total. La más destacada fue modelos. Algunas palabras presentan un comportamiento creciente en su frecuencia a través de los años, como por ejemplo *SCIENCE* (Ciencia), *BIOTECHNOLOGY-INFORMATION* (Información biotecnológica) y *PERSPECTIVE* (Perspectiva).

La literatura científica ha establecido desde hace algún tiempo que las innovaciones basadas en tecnologías emergentes son cruciales para el crecimiento. A pesar de esto, las interacciones específicas entre la ciencia y la tecnología que han llevado al crecimiento económico siguen permaneciendo en una caja negra. En particular, todavía se tiene un limitado conocimiento de las circunstancias y los procesos que hacen posible la innovación a los científicos, basándose en las nuevas tecnologías. A pesar de que se acepta que las innovaciones contribuyen positivamente a las firmas y al crecimiento económico, las especificidades en el nivel microeconómico a menudo revelan una historia de diversidad, experimentación y selección, que generan nuevos cuestionamientos acerca del cómo y el porqué la innovación genera crecimiento¹⁵⁶.

6.2.7.14 Biotecnología vegetal

En el Anexo 62 se observan las principales temáticas asociadas con la Biotecnología de las plantas, y en el Anexo 63 su evolución a través de los años.

¹⁵⁶ MCKELVEY, Maureen y BOHLIN, Erik. Conditions for innovation in biotechnology and telecommunications. *Innovation: Management, Policy & Practice* [en línea]. 2009 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.innovation-enterprise.com/archives/vol/7/issue/1/article/1362/conditions-for-innovation-in-biotechnology-and->>. ISSN 1447-9338.

PLANT SPECIES (Especies de plantas, Frecuencia=328) es la temática con la mayor frecuencia. Entre las especies de plantas encontradas, la de mayor frecuencia es *ARABIDOPSIS THALIANA* (Frecuencia=150), seguida por *TOBACCO* (Tabaco, Frecuencia=52) y *ALGAES* (Algas, Frecuencia=41). (Ver Anexo 62)

Las algas son un grupo heterogéneo de organismos vegetales marinos que son capaces de realizar la fotosíntesis. Las algas tienen usos industriales, agropecuarios, en la industria alimenticia, medico-farmacológicos y en la restauración del medio ambiente. La cantidad de algas transformadas en el mundo es de cerca de 7 billones de toneladas, y los países asiáticos son los mayores productores con cerca del 80% de las materias primas¹⁵⁷.

Las algas presentan un comportamiento creciente a través de los años, al igual que el algodón. (Ver Anexo 64)

Se encontraron algunas palabras clave importantes como *ROOTS* (Raíces, Frecuencia=41), y *SEEDS* (semillas, Frecuencia=40). (Ver Anexo 62)

CROP (Cultivos vegetales, Frecuencia=37) es otra de las temáticas con mayor frecuencia en la Biotecnología vegetal. La mayoría de los cultivos vegetales desarrollados por medio de la Biotecnología que se encuentran actualmente en el mercado, tiene ventajas para los granjeros como productos de calidad que requieren menos ingredientes químicos. Una nueva generación de cultivos vegetales modificados genéticamente por medio de la técnica del ADN

¹⁵⁷ ALNICOLSA. Las Algas - ALGAS: USOS Y BIOTECNOLOGÍA. ALNICOLSA PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://taninos.tripod.com/algas.htm#usosalgas>>.

recombinante, está siendo diseñada específicamente para beneficiar a los granjeros¹⁵⁸.

6.2.7.15 Biotecnología de los alimentos

En el Anexo 65 se encuentran las temáticas de la biotecnología alimentaria con su respectiva frecuencia. La temática de mayor frecuencia es *CORN* (Maíz, Frecuencia=98), seguida por *RICE* (Arroz, Frecuencia=70), *MILK* (Leche, Frecuencia=47) y *WHEAT* (Trigo, Frecuencia=37). Algunas de estas temáticas presentan una frecuencia creciente a través de los años como se observa en el Anexo 66, como por ejemplo el maíz, el arroz y el trigo.

La principal especie de arroz encontrada es *ORYZA-SATIVA L* (Frecuencia=18) y *GOLDEN RICE* (Frecuencia=6), que es un arroz genéticamente modificado diseñado para producir vitamina A y es ofrecido a los países del tercer mundo como una cura para la extendida deficiencia de esta vitamina¹⁵⁹.

6.2.7.16 Industria

La industria biotecnológica puede separarse en dos grandes ramas: una que produce organismos manipulados o parte de ellos, y la que usa dichos organismos o parte de ellos para obtener productos y servicios. Las empresas usan la biotecnología industrial para: reducir costos, aumentar ganancias, mejorar la calidad de los productos, optimizar los procesos y su rastreo, incrementar la seguridad e higiene de la tecnología, y cumplir con la legislación ambiental¹⁶⁰.

¹⁵⁸ DEYNZE, Allen Van; BRADFORD, Kent J. y EENENNAAM, Alison Van. Crop Biotechnology: Feeds for Livestock. Publication 8145 – University of California [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.plantsciences.ucdavis.edu/bradford/8145.pdf>>.

¹⁵⁹ Institute of Science in Society. The 'Golden Rice' - An Exercise in How Not to Do Science. Institute of Science in Society-science society sustainability [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.i-sis.org.uk/rice.php>>.

¹⁶⁰ Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la Biotecnología en la Industria [en línea]. 2003 [Citado en 13 de

En el Anexo 67 se encuentran las palabras clave relacionadas con la industria y sus frecuencias de evolución con el transcurso de los años. *BIOTECHNOLOGY INDUSTRY* (industria biotecnológica, Frecuencia=94) es la palabra con la mayor frecuencia.

Además algunas palabras presentan una frecuencia creciente como *BIOMASS* (Biomasa, Frecuencia=34), *OIL – INDUSTRY* (Industria del petróleo, Frecuencia=28), *INTELLECTUAL PROPERTY* (Propiedad intelectual, Frecuencia=28) y *STRATEGIC ALLIANCES* (alianzas estratégicas, Frecuencia=14). (Ver Anexo 68)

Las tecnologías basadas en procesos biológicos son atractivas desde la perspectiva climática, por su potencial para diversificar las fuentes de energía. La biotecnología comprende incrementar la cantidad y la calidad del suministro de energía de biomasa, el uso de combustibles de base biológica y el mejoramiento de la captura de carbono en los suelos y los bosques. Los combustibles de biomasa, cuya combustión asociada a las emisiones de CO₂ son aproximadamente anuladas por el CO₂ removido durante el crecimiento de las planta, son la fuente de energía más antigua usada por el ser humano y constituyen una nueva promesa como combustibles diseñados con ingeniería que pueden ser usados en muchos sectores económicos¹⁶¹.

Por más de 200 años las leyes sobre la propiedad intelectual han sido la fuerza motora para la innovación y el progreso en países como Estados Unidos. La industria de la biotecnología como se conoce hoy en día no existía antes de la decisión de la Corte Suprema en el caso de *Diamond v. Chakrabarty* en 1980. La corte sostuvo que cualquier cosa hecha por la mano del hombre era elegible para

febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.cprac.org/pdf/estudis/generals/BiotecnologiaCAST.pdf>>.

¹⁶¹ EDMONDS, J. A., et al. *Biotechnology and Biomass- A CORE ELEMENT OF A GLOBAL ENERGY TECHNOLOGY STRATEGY TO ADDRESS CLIMATE CHANGE* [en línea]. 2007 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.pnl.gov/gtsp/docs/getspbio.pdf>>.

ser patentada. Desde esta decisión, la industria de la biotecnología ha florecido y continúa en constante crecimiento. El sistema de patentes fomenta el desarrollo de nuevos productos y descubrimientos biotecnológicos, nuevos usos para productos antiguos y oportunidades de trabajo. Lo anterior es más evidente en el área de la biotecnología que en otras áreas. Las patentes añaden valor a los descubrimientos de laboratorio, otorgando incentivos para la inversión del sector privado en el desarrollo biotecnológico de nuevas medicinas y diagnósticos para el tratamiento y monitoreo de enfermedades intratables, y de productos ambientales y para la agricultura, que satisfagan necesidades globales¹⁶².

6.2.7.17 Biotecnología ambiental

Con el transcurso del tiempo aumenta el uso de la biotecnología como la tecnología ecológica más idónea para muchas funciones, una de ellas es la descontaminación. Además tiene gran potencial para solucionar otros problemas ambientales. En el futuro será una herramienta de gran ayuda en el tratamiento del agua y los desechos sólidos (incluyendo a los plásticos biodegradables), la biominería, la agricultura y en la reducción de la desertificación, convirtiéndose en una clave para lograr una producción que genere menos contaminación¹⁶³.

En la Biotecnología ambiental se destacan las palabras clave que se observan en el Anexo 69. *BIODIVERSITY* (Biodiversidad, Frecuencia=72) aparece como la palabra de mayor frecuencia, seguida por *WASTE WATER* (Aguas residuales, Frecuencia=51), *ORGANIC SOLVENTS* (Solventes orgánicos, Frecuencia=48), *ENVIRONMENTS* (Hábitats, Frecuencia=35) y *BIODEGRADATION* (Biodegradación, Frecuencia=31).

¹⁶² Bio-BIOTECHNOLOGY INDUSTRY ORGANIZATION. Intellectual Property. Science for Life [en línea]. [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/ip/>>.

¹⁶³ REGENCY. La Biotecnología. Regency Foundation Network [en línea]. [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.regency.org/suspdf/sp/ch12.pdf>>

En el Anexo 70 se encuentran algunas temáticas de frecuencia creciente como biodiversidad, aguas residuales, solventes orgánicas, biodegradación, *BIOFUELS* (biocombustibles), y *MARINE – ENVIRONMENT* (ambientes marinos).

La biotecnología marina es una disciplina emergente basada en el uso de recursos naturales marinos. Los océanos constituyen cerca del 71% de la superficie del planeta, pero cerca del 90% de la biosfera, y además representa condiciones extremas de temperatura, luz, y presión para la vida. La adaptación a estos ambientes hostiles ha producido una diversidad marina, tanto biológica como genética, con gran potencial para aplicaciones biotecnológicas relacionadas con el descubrimiento de drogas, remediación ambiental, incremento de la variedad y la seguridad de la comida marina, y el desarrollo de nuevos recursos y procesos industriales¹⁶⁴.

6.2.7.18 Biotecnología animal

En el Anexo 71 se observan los principales tipos de animales encontrados en la búsqueda. Los de mayor frecuencia son *RODENTS* (roedores, Frecuencia=106), *FARM ANIMALS* (animales de granja, Frecuencia=94), *INSECTS* (Insectos, Frecuencia=51) y *FISHES* (Peces, Frecuencia=47). Además en el Anexo 72 se observan los comportamientos crecientes de algunos animales como *INSECTS* (Insectos) y *MARINE SPONGES* (Esponjas marinas, Frecuencia=16).

El roedor de mayor frecuencia es el ratón con una frecuencia de 93, seguido por las ratas con frecuencia de 14.

En siglos pasados, los avances en la química, la biología y la mecánica fueron la base del desarrollo del sector ganadero, disminuyendo los efectos de las enfermedades del ganado, aumentando los rendimientos y minimizando la mano

¹⁶⁴ NURP. ArgenBio. Marine biotechnology: A NURP Priority. NOAA'S Undersea Research Program [en línea]. 2005 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nurp.noaa.gov/Biotech.htm>>.

de obra necesaria. Hoy en día la Biotecnología agrícola es una nueva fuente de innovaciones y desarrollos, capaz de reestructurar la agricultura como cualquiera de las áreas anteriores.

Entre las palabras clave asociadas a los animales de granja, la de mayor frecuencia es *CATTLE* (ganado, Frecuencia=32) y *PIGS* (cerdos, Frecuencia=26). (Ver Anexo 71)

El aumento de la producción ganadera puede reducir la diversidad genética, debido a que los criadores de ganado tienden a preferir clases de ganado genéticamente uniformes. La crio-conservación de genes y embriones es una biotecnología que con la ayuda de la inseminación artificial, el trasplante de embriones y la clonación somática, representan herramientas actuales y potenciales para conservar la biodiversidad animal.

El mayor potencial a largo plazo para la biotecnología en la ganadería de los países en desarrollo, es en el uso de insumos producidos con bioingeniería en toda la cadena de producción. La aplicación de la tecnología del ADN a la salud animal, mediante vacunas más efectivas y menos costosas, en combinación con mejores elementos de diagnóstico, ayudaría a mejorar el control de las enfermedades¹⁶⁵.

La biotecnología usada en los insectos es un área que podría tener beneficios potenciales para la humanidad. Mosquitos alterados genéticamente para erradicar la malaria, gusanos de seda especiales para fabricar chalecos antibalas, y gusanos del maíz y el algodón programados para destruirse a sí mismos antes de acabar con las cosechas, son algunos de estos beneficios. De esta manera la

¹⁶⁵ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Ganadería Biotecnología, producción ganadera y sanidad animal. LA BIOTECNOLOGÍA EN LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [en línea]. 2007 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/sector3.asp?lang=es>>.

biotecnología y los insectos pueden constituir una importante herramienta a favor del hombre¹⁶⁶.

El insecto de mayor frecuencia es el *CAENORHABDITIS ELEGANS* (Frecuencia=21). Este gusano de apenas un milímetro de longitud fue el protagonista del Premio Nobel de Medicina y Fisiología del 2002. A partir de la observación y el estudio de este nematodo, un equipo de científicos logró revelar los mecanismos de la apoptosis (muerte celular programada) y su relación con el proceso de desarrollo animal. Con los resultados de esta investigación se pudieron abrir nuevos caminos para el estudio en la biología celular, molecular, y del desarrollo, y en la medicina por las terapias generadas a partir de estos conocimientos¹⁶⁷.

Los peces de mayor frecuencia, fueron *RAINBOW-TROUT* (Trucha arco-iris, Frecuencia=21), y *SALMON* (Salmón, Frecuencia=10). (Ver Anexo 71)

6.2.7.19 Virus

Los virus representan una importante herramienta para la Biotecnología, porque mientras estos puedan ser modificados mediante las técnicas de la biología molecular, pueden ser útiles como vectores en la terapia génica, como nanocontenedores para la liberación dirigida de fármacos, como marcadores para diagnóstico y como componentes de nanodispositivos electrónicos¹⁶⁸.

En el Anexo 73 se encuentran las palabras clave asociadas a los virus, y en el Anexo 74 sus frecuencias a través de los años. La que presenta la mayor

¹⁶⁶ Clarín. Para combatir plagas y enfermedades, modifican insectos genéticamente. BIOTECNOLOGÍA - Clarin.com [en línea]. 2004 [Citado en 14 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.clarin.com/diario/2004/02/26/t-714464.htm>>.

¹⁶⁷ LASTRA, Raquel. Caenorhabditis elegans: un gusano modelo. BIOMEDIA [en línea]. 2003 [Citado en 15 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biomed.net/biomed/d02030103.htm>>.

¹⁶⁸ BEYRET, P. Futuro uso de virus en nano y biotecnología. Biotecnología [en línea]. 2008 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biotecnologica.com/futuro-uso-de-virus-en-nano-y-biotecnologia/>>.

frecuencia es *MOSAIC-VIRUS* (Frecuencia=21). En el Anexo 75 se observan las relaciones de los virus con otras áreas de la Biotecnología. Las mayores frecuencias se presentan con la medicina, la genética y la proteómica.

6.2.7.20 Fermentación

La fermentación es una de las biotecnologías más antiguas usadas por el hombre, principalmente en la preparación de alimentos. En el Anexo 76 se encuentran las palabras clave asociadas a la fermentación con su respectiva frecuencia. *FED-BATCH CULTURE* (cultivo por lote alimentado, Frecuencia=26) y *SOLID-STATE FERMENTATION* (Fermentación en estado sólido, Frecuencia=25) son las de mayor frecuencia.

No se observan comportamientos crecientes en las palabras clave relacionadas. (Ver Anexo 77)

6.2.7.21 Opinión pública

La biotecnología tiene un potencial extraordinario para mejorar la salud y el bienestar de las personas en el mundo en desarrollo, pero existen grandes impedimentos para el desarrollo y la diseminación de los diagnósticos, los métodos terapéuticos y las vacunas para enfermedades infecciosas que prevalecen en los países en desarrollo. La terapia génica es la tecnología terapéutica que se encuentra bajo mayor supervisión por la *NIH (National Institute of Health)*. Este instituto norteamericano solicita a las instituciones fundadas por el estado y a sus colaboradores, suministrar información detallada sobre los ensayos clínicos que se piensan realizar y los que están en marcha para los productos de la terapia génica.

Las células madre, la clonación y el uso de animales para la experimentación son algunos otros temas que generan gran controversia alrededor del mundo por las implicaciones éticas que representan¹⁶⁹.

En el Anexo 78 se encuentran las palabras clave asociadas a la opinión pública. Las mayores frecuencias las tienen *RISKS* (Riesgos, Frecuencia=27), *POLITICS* (Política, Frecuencia=27) y *NATURAL PRODUCTS* (Productos naturales, Frecuencia=25). Los productos naturales son un tema de debate en los países desarrollados, ya que algunos prohíben la proliferación de productos transgénicos en sus territorios. No se observan comportamientos crecientes en las palabras clave relacionadas. (Ver Anexo 79)

6.2.7.22 Agricultura

En el Anexo 80 se encuentran las temáticas asociadas a la agricultura. La de mayor frecuencia es *SOIL* (Suelo, Frecuencia=50), seguida de *INSECTICIDES* (Insecticidas, Frecuencia=46). Los insecticidas constituyen un área de estudio creciente en la Biotecnología. Entre las palabras clave relacionadas con este tema, la se destaca es *BIOLOGICAL CONTROL* (Control biológico, Frecuencia=24).

6.2.7.23 Materiales

En el Anexo 81 se observan las palabras clave asociadas a los materiales. La palabra de mayor frecuencia es *SILICON* (silicona, Frecuencia=35), seguida por *BIOMATERIALS* (biomateriales, Frecuencia=23).

Los autores e instituciones más importantes en el mundo prefieren asociarse, a la hora de publicar sus artículos científicos. Se detectaron algunas redes de investigación entre los actores líderes por su número de publicaciones, lo que

¹⁶⁹ Biotechnology Industry Organization (BIO). Ethics. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

representa un claro indicio de que la mejor manera para un investigador aumentar su producción científica es colaborar con otros investigadores, ya sean locales o extranjeros. Si los investigadores de la Universidad Industrial de Santander desean aumentar tanto la cantidad como la calidad de sus artículos, y comenzar a publicar en revistas reconocidas a nivel internacional, necesitan asociarse con los líderes mundiales.

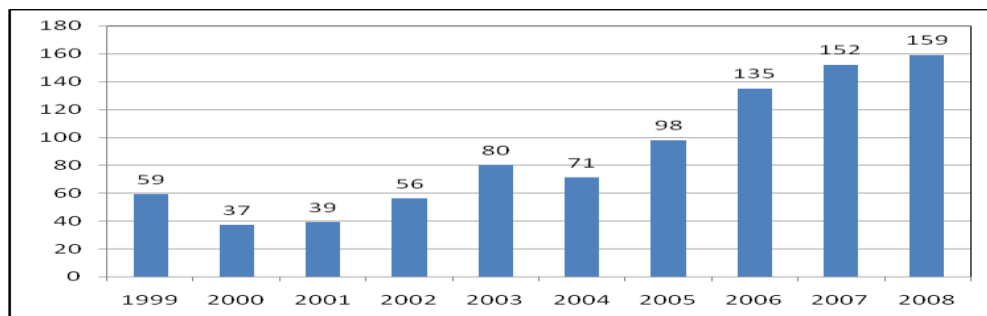
7. ANÁLISIS DE PUBLICACIONES NACIONALES

La búsqueda de artículos científicos nacionales relacionados con la biotecnología ha generado un total de **891** publicaciones. Con estas publicaciones se puede formar una idea acerca de los intereses de los investigadores colombianos.

7.1 DINÁMICA DE PUBLICACIONES

En general se puede observar un crecimiento en el número de publicaciones realizadas a través de los años; el incremento es particularmente estable a partir del 2004 en adelante. (Ver Figura 29)

Figura 29. Dinámica de las Publicaciones Nacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

7.2 TIPO DE DOCUMENTO

La mayoría de los documentos encontrados en la búsqueda son artículos (81%). Le siguen en orden de importancia las reseñas y las conferencias. Las cartas, las notas, los pequeños estudios, los artículos aceptados para publicación pero sin asignación de número de revista y las editoriales corresponden aproximadamente al 5% del total. (Ver Anexo 82).

7.3 IDIOMA PRIORITARIO DE PUBLICACIÓN

Es notable el hecho de que más del 80% de las publicaciones realizadas, tienen al inglés como idioma prioritario. Este es un reflejo del gran interés que tienen los investigadores por publicar en medios de difusión internacionales, además de las crecientes colaboraciones entre instituciones colombianas y del resto del mundo. (Ver Anexo 83)

El español es el segundo idioma de preferencia representando aproximadamente una quinta parte del total, así como un poco menos de un cuarto de las publicaciones en inglés.

7.4 INSTITUCIONES CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES

Las instituciones con mayor número de publicaciones son la Universidad de Antioquia (159 publicaciones) y la Universidad Nacional de Colombia (144 publicaciones). Estas dos universidades por separado casi doblan en cantidad a su competidor más cercano, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 82 publicaciones). La Universidad Industrial de Santander (30 publicaciones) aparece en séptimo lugar después de la Universidad Javeriana (55 publicaciones). (Ver Anexo 84)

Dentro de este listado conformado por las veinte instituciones más importantes como resultado de su producción de literatura científica, se encuentran algunas internacionales (cinco en total), como la *International Agency for Research on Cancer* o la *University of Southern California*, entre otras. Esto es el resultado de las múltiples y cada vez más frecuentes colaboraciones entre instituciones nacionales e internacionales.

7.5 REVISTAS CON MAYOR NÚMERO DE PUBLICACIONES

En el Anexo 85 se enlistan las 20 revistas con mayor número de publicaciones. Este listado lo encabezan “Biomédica Revista del Instituto de Salud” (43 publicaciones) y “Colombia Médica” (26 publicaciones). La primera es una revista especializada con cobertura desde el año 2001, mientras la segunda es publicada por la Corporación Médica del Valle, y tiene cobertura para los años de 1990, 1996 al 2002, y del 2004 hasta el presente¹⁷⁰.

7.6 ANÁLISIS DE AUTORES

En el Anexo 86 se encuentran los principales autores de las Publicaciones Nacionales. Nubia Muñoz Calero (27 publicaciones) es la escritora más destacada dentro de este selecto grupo de investigadores. Esta médica vallecaucana, con residencia en Francia, que en el año 2008 fue nominada al premio Nobel de medicina, hizo su contribución científica al establecer que el virus del papiloma humano es la principal causa del cáncer cervical. A partir de sus hallazgos se ha desarrollado la primera vacuna contra el cáncer conocida hasta el momento¹⁷¹. El segundo científico de este listado es Manuel Elkin Patarroyo (25 publicaciones). Patarroyo es ampliamente reconocido en Colombia y el mundo por sus investigaciones sobre la malaria y el desarrollo de una vacuna sintética para combatir esta temible enfermedad, que asesina aproximadamente a tres millones de personas en su mayoría niños y mujeres embarazadas¹⁷². María Teresa Rugeles López (23 publicaciones), se ubica en la tercera posición, es la líder del grupo INMUNOVIROLOGÍA de la Universidad de Antioquia, y tiene entre sus

¹⁷⁰ SCOPUS. [Base de datos en línea]. Disponible en: <<http://www.scopus.com/scopus/source/eval.url>> [Consultada en Marzo de 2009]

¹⁷¹ Alejandro Gaviria. Nubia Muñoz [en línea]. [Sitio en Internet] EL ESPECTADOR. [Citada en marzo 16 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.elespectador.com/articulo96724-nubia-munoz>>.

¹⁷² REVISTA CAMBIO. Los micos de Patarroyo [en línea]. Cambio [sitio de internet]. [Citada en 16 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.cambio.com.co/portadacambio/751/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_CAMBIO-3825952.html>.

líneas de investigación la bioactividad de productos naturales además de la inmunovirología animal y humana¹⁷³.

7.7 ÁREAS TEMÁTICAS DE LAS PUBLICACIONES NACIONALES

La base de datos *SCOPUS* posee cuatro categorías para clasificar las publicaciones: Ciencias de la vida, Ciencias sociales, Ciencias físicas, y Ciencias de la salud. Estas categorías están compuestas a su vez por 26 temas, dentro de los que se exploró por medio de una ecuación de búsqueda. Las 10 temáticas principales, en virtud de la gran cantidad de literatura asociada a la biotecnología, se observan en la Tabla 11. La medicina acapara la mayor cuantía de publicaciones con 430, en segundo lugar aparece el área de Bioquímica, Genética y Biología Molecular con 262 seguida muy de cerca por Inmunología y Microbiología con 260 registros.

Tabla 11. Áreas Generales principales con mayor número de publicaciones

#	Áreas Generales	Número de Publicaciones
1	<i>Medicine</i>	430
2	<i>Biochemistry, Genetics and Molecular Biology</i>	262
3	<i>Immunology and Microbiology</i>	260
4	<i>Agricultural and Biological Sciences</i>	181
5	<i>Veterinary</i>	35
6	<i>Environmental Science</i>	30
7	<i>Chemical Engineering</i>	21
8	<i>Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics</i>	20
9	<i>Dentistry</i>	19
10	<i>Social Sciences</i>	18

Fuente: Datos obtenidos en *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Es importante señalar que es posible que una misma publicación haya sido incluida dentro de dos o más áreas debido a la convergencia de las temáticas tratadas.

¹⁷³ [Base de datos en línea]. [Consultada en Marzo 16 de 2009]. Disponible en: <http://scienti.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/search/EnGrupoInvestigacion/xmlInfo.do?nro_id_grupo=00739068154367>.

7.7.1 Comportamiento de las frecuencias de aparición de las áreas

Para las siguientes áreas se puede observar un comportamiento creciente en el tiempo en cuanto a la cantidad de publicaciones: “Medicina”, “Inmunología y Microbiología”, “Bioquímica, Genética y Biología Molecular”, y “Agricultura y Ciencias Biológicas”.

Para otras áreas como “Ciencias del Medio Ambiente”, “Ingeniería Química”, “Farmacología, toxicología y farmacéutica”, “odontología” y “Ciencias Sociales” el número de publicaciones se mantiene aproximadamente estable en el tiempo. (Ver Anexo 87)

7.7.2 Medicina

La biotecnología aplicada al campo de la medicina posee líneas de investigación orientadas a los problemas de salud, a través del mejoramiento de la precisión del diagnóstico, la profundización en el conocimiento de las enfermedades e incluso la personalización de las terapias prescritas, otorgando la capacidad de pronosticar la evolución de una enfermedad con su tratamiento, o corrigiendo la causa original de algunas patologías¹⁷⁴.

Del análisis de palabras claves realizado para esta área, se deduce que las investigaciones asociadas al virus de inmunodeficiencia humana (Frecuencia=316), la virología (Frecuencia=299) y el virus del papiloma humano (Frecuencia=215) acaparan la mayor parte de los artículos científicos. (Ver Anexo 88 y Anexo 89).

Hay esperanza en el mundo médico porque un mecanismo arcaico de defensa parece revelar una vulnerabilidad potencial en el virus VIH-1. Las investigaciones revelan como VIH-1 desbarata con éxito esta rara forma de inmunidad en células

¹⁷⁴ Tendencia 21. El 70% de la investigación biotecnológica española está centrada en la salud [en línea]. [Citado en 17 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.tendencias21.net/El-70-de-la-investigacion-biotecnologica-espanola-esta-centrada-en-la-salud_a1065.html>.

de vertebrados. Y este mecanismo de protección y su conocimiento es lo que podría proporcionar la información necesaria para descubrir la vulnerabilidad en el virus. Los estudios podrían conducir al diseño de eficaces terapias contra el VIH-1¹⁷⁵.

7.7.3 Bioquímica, Genética y Biología Molecular

La secuenciación (*Sequencing*, Frecuencia=274), la variación genética (*Genetic variation*, Frecuencia=141) y los temas asociados a las plantas (*Plants*, Frecuencia=139) encabezan este listado de temáticas relacionadas con la bioquímica, la genética y la biología molecular. También destacan los temas relacionados con la epidemiología genética (*Genetic Epidemiology*, Frecuencia=117) y la proteómica (*Proteomics*, Frecuencia=92). Nuevamente aparecen la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, Frecuencia=80), el virus del papiloma humano, la virología y el virus de inmunodeficiencia humana, como temas de vital importancia. (Ver Anexo 90 y Anexo 91)

7.7.4 Inmunología y Microbiología

La virología (Frecuencia=282), la secuenciación (Frecuencia=218), el virus de inmunodeficiencia humana (Frecuencia=194) y la reacción en cadena de la polimerasa (Frecuencia=132) son las principales temáticas para esta área. Las investigaciones asociadas al virus del papiloma humano (Frecuencia=123) también tienen una posición privilegiada en este listado. Aparecen temas relacionados con los glóbulos blancos (*White Blood Cells*, Frecuencia=77) y los anticuerpos (Frecuencia=41), así como las enfermedades producidas por protozoos (*Protozoan Diseases*, Frecuencia=50). (Ver Anexo 92 y Anexo 93)

¹⁷⁵ Solo Ciencia. Mecanismo arcaico de defensa puede revelar una vulnerabilidad potencial en el virus HIV-1 [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.solociencia.com/medicina/05062706.htm>>.

7.7.5 Ciencias agrícolas y biológicas

Los temas destacados dentro de esta área pertenecen a las plantas (Frecuencia=244), secuenciación (Frecuencia=58) y control biológico de plagas (Frecuencia=53) (Ver Anexo 94 y Anexo 95). Cuatro géneros de plantas son de especial interés para los investigadores: *Manihot*, *Phaseolus*, *Brachiaria* y *Solanum*; a los cuales pertenecen las especies *Manihot esculenta* (yuca), *Phaseolus vulgaris* (frijol común), *Brachiaria humidicola* (Pasto estolonífero) y *Solanum tuberosum* (papa o patata)¹⁷⁶. El subreino *Embryophita* o plantas terrestres es mencionado como palabra clave un número considerable de veces (Frecuencia=14). Las plantas transgénicas y los plantas modificadas genéticamente suman una frecuencia de 22 apariciones constituyéndose en un tema central para la biotecnología vegetal.

7.7.6 Veterinaria

Para esta área se encontraron 35 documentos de los cuales 26 pertenecen también a Inmunología y Microbiología, 19 a Medicina, 12 a Ciencias agrícolas y Biológicas, siete a Multidisciplinaria, y cuatro a Bioquímica, Genética y Biología Molecular. En veterinaria surgen muchos artículos relacionados con el virus del papiloma humano (HPV, Frecuencia=100), aún cuando este virus no es transmisible entre humanos y animales. También se puede hablar en este caso de los modelos animales que son usados como referencia para el estudio de la patogénesis de la infección con el virus del papiloma, lo cual permite el desarrollo de estrategias para el tratamiento y la prevención en humanos¹⁷⁷. (Ver Anexo 96 y Anexo 97)

¹⁷⁶ United States Department of agriculture. Natural resources conservation center [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://plants.usda.gov>>.

¹⁷⁷ Brandsma L. Janet. The Cotton Nail Rabbit Papillomavirus Model Of High Risk HPV- Induced Disease. Capítulo editado por Davy C., Doorbar J., e incluido en *Methods in molecular medicine*, Vol. 119: Human Papillomaviruses: Methods and Protocols. Totowa, NJ: Humana Press, 2006.P. 217.

Los virus del papiloma hacen referencia a cualquier subgrupo de virus pertenecientes a la familia *Papovaviridae* que infecta tanto a las aves como a los mamíferos, causando verrugas y otros tumores benignos, así como cánceres malignos del tracto genital y del cuello uterino en los humanos. Más de 70 tipos distintos de virus del papiloma humano han sido identificados a través del análisis de ADN, y hay numerosos tipos de virus del papiloma en animales, incluyendo el virus del papiloma bovino y el virus del papiloma oral canino¹⁷⁸. A pesar de que todos los virus de la familia *Papovaviridae* son estructuralmente similares, se replican de manera diferente y poseen actividades patógenas diferentes, razón por la cual, en la actualidad a estos virus se les divide en dos familias distintas: *Papillomaviridae* (palabra calve que se sitúa en el puesto ocho de este ranking, Frecuencia=11), donde está ubicado el género *Papillomavirus*, causa del papiloma humano; y *Polyomaviridae*, agente de diversos tumores¹⁷⁹.

Con respecto a la epidemiología (Frecuencia=64) es necesario destacar que casi todas las palabras claves asociadas a este tema se relacionan con el cáncer. En virología surgen temas como las infecciones de *Rhabdoviridae*, que corresponde a una gran familia de virus que pueden infectar a mamíferos, aves, insectos y plantas. La familia incluye al género *Vesiculovirus* (estomatitis vesicular) y al *Lyssavirus* (Rabias)¹⁸⁰; y la glosopeda o fiebre aftosa del ganado (*Foot and Mouth Disease*), enfermedad que es una de las más contagiosas para los animales, con baja tasa de mortalidad para animales adultos, pero con una tasa alta para los jóvenes debido a la Miocarditis¹⁸¹.

¹⁷⁸ Encyclopedia Britannica. Pathology: Papillomavirus [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/442118/papillomavirus>>.

¹⁷⁹ University of South Carolina, School of medicine .Microbiology and immunology on-line: Virology – chapter six [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://pathmicro.med.sc.edu/lecture/RETRO.HTM>>.

¹⁸⁰ Sci-Tech Dictionary. McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, 6th edition, published by The McGraw-Hill Companies, Inc [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/topic/rhabdoviridae>>.

¹⁸¹ Organización Mundial Para La Salud Animal. Foot and Mouth disease [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.oie.int/eng/maladies/fiches/A_A010.HTM>.

7.7.7 Ciencias del medio ambiente

Las ciencias del medio ambiente proveen una aproximación integrada, cuantitativa e interdisciplinaria a la cuestión de los sistemas ambientales. La magnitud y complejidad de los problemas ambientales están creando una creciente necesidad en la comunidad científica por un entrenamiento riguroso e interdisciplinario en estas ciencias¹⁸².

Las principales temáticas para esta área giran en torno a tres temas de vital importancia en la actualidad: La contaminación y tratamiento del agua (*Water pollution and treatment*, Frecuencia=30), los biocombustibles (*Biofuels*, Frecuencia=23) y la exposición a factores ambientales (*Environmental exposure*, Frecuencia=19). (Ver Anexo 98 y Anexo 99)

La lignocelulosa, la biomasa y el bioetanol son importantes términos que pertenecen al tópico de los biocombustibles. (Ver Anexo 99)

La exposición a factores ambientales hace referencia a los efectos producidos por la exposición de agentes químicos, físicos o biológicos potencialmente dañinos, en el medio ambiente. Incluye también la radiación ionizante, organismos patogénicos o químicos tóxicos¹⁸³. En esta temática aparecen sustancias que pueden ser perjudiciales para la salud tales como: el hidrocarburo aromático poli cíclico (*PAH*, por su sigla en inglés), el fosforo o el nitrato. (Ver Anexo 99)

7.7.8 Ingeniería química

La ingeniería química se aplica en la actualidad a la industria, en biotecnología, energía, ciencias ambientales, procesamiento de alimentos, microelectrónica, y la

¹⁸² Iowa State University. Environmental Science: What is Environmental Science? [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: < <http://www.ensci.iastate.edu/>>.

¹⁸³ Biology online. Environmental exposure [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.biology-online.org/dictionary/Environmental_exposure>.

farmacéutica, entre otras. En tales industrias, los ingenieros químicos trabajan en producción, investigación, diseño, y desarrollo de productos y procesos¹⁸⁴.

Para esta área, las temáticas de biocombustibles (*Biofuels*, Frecuencia=47) y la contaminación y tratamiento del agua (*Water pollution and treatment*, Frecuencia=19), ocupan los primeros lugares. Las bacterias (Frecuencia=18), las plantas (*Plants*, Frecuencia=17) y los azúcares (*Sugars*, Frecuencia=10) también presentan frecuencias importantes. (Ver Anexo 100 y Anexo 101)

7.7.9 Farmacología, Toxicología y Farmacéutica

En esta área se encontraron 20 documentos. Los temas principales giran en torno a las células (Frecuencia=27), el herpes (Frecuencia=24) y las plantas (Frecuencia=17). (Ver Anexo 102 y Anexo 103)

El tema principal para las células corresponde al cultivo celular (Frecuencia=15). Entre las aplicaciones encontradas para los cultivos celulares de animales se encuentra que permiten investigar la fisiología normal o la bioquímica de la células, y también que se puede probar el efecto de diversos compuestos químicos o drogas sobre un tipo específico de células (células normales o cancerosas, por ejemplo)¹⁸⁵.

7.7.10 Otras áreas

Dentro de odontología se encontraron menos de 20 documentos relacionados con la biotecnología. Los temas más comunes corresponden a Herpes (Frecuencia=76), la periodoncia (*Periodontics*, Frecuencia=44) y bacterias (Frecuencia=35). (Ver Anexo 104 y Anexo 105)

¹⁸⁴ Sci-Tech Encyclopedia. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 5th edition, published by The McGraw-Hill Companies, Inc. [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/chemical%20engineering>>.

¹⁸⁵ CHAUDRY, Arshad. The Science Creative Quarterly: Cell Culture [en línea]. 2004, Número 9. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.scq.ubc.ca/cell-culture/>>.

Al igual que en odontología para el área de las ciencias sociales se encontró muy poca literatura vinculada a la biotecnología. Los tres tópicos de mayor importancia hacen referencia al VIH (Frecuencia=20), a la virología (Frecuencia=13) y a las plantas (Frecuencia=9). (Ver Anexo 106 y Anexo 107)

Las publicaciones nacionales corresponden a un buen indicador para conocer cuáles son las temáticas, sobre las cuales los investigadores colombianos están trabajando en la actualidad. Así por ejemplo, se encontró una gran cantidad de literatura asociada a dos virus: el virus de inmunodeficiencia humana (VIH) y el virus del papiloma humano (VPH). También muchos trabajos concernientes a la secuenciación y la variación genética. Un tema fundamental corresponde a las plantas, para este tópico la Universidad Industrial de Santander cuenta con unos grupos de investigación con una larga trayectoria en producción y biotecnología vegetal.

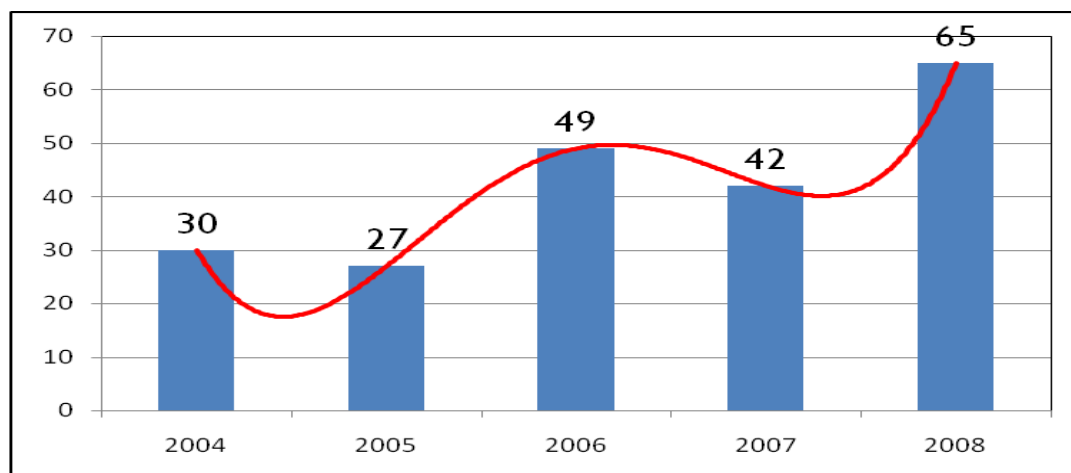
8. ANÁLISIS DE LAS PUBLICACIONES UIS

Los artículos que han publicado los científicos de la UIS, sirven para formar una idea acerca de las potencialidades e intereses de la universidad. Se encontraron un total de **213** artículos publicados por los investigadores de la UIS en el lapso de tiempo comprendido entre el 1° enero del año 2004 y el 31 de diciembre del año 2008...Véase sección 4.1.2.3...

8.1 DINÁMICA DE PUBLICACIONES UIS

El número de artículos presenta un comportamiento creciente, en general. Las publicaciones del 2008 sobrepasan por más del doble a las publicaciones del 2004. (Ver Figura 30)

Figura 30. Dinámica de las publicaciones de la UIS



Fuente: Gráfico generado en el *software Microsoft Excel* de la información obtenida en el Sistema de Recursos Humanos de la Universidad Industrial de Santander.

8.2 INVESTIGADORES DE LA UIS CON PUBLICACIONES RELATIVAS A LA BIOTECNOLOGÍA

Se hallaron 44 autores de la UIS con publicaciones biotecnológicas. (Ver Anexo 108)

El investigador líder en publicaciones biotecnológicas en el periodo de tiempo analizado es la doctora Elena Stashenko con 33 publicaciones. En segundo lugar se encuentra el doctor Jairo René Martínez con 25 publicaciones, seguido por Yaneth Aidee Perea Villamil con 22 publicaciones.

Los dos autores líderes en publicaciones pertenecen al CENIVAM (Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales Aromáticas y Medicinales Tropicales). La doctora Elena Stashenko lidera además el siguiente grupo de investigación: “Centro de Investigación en Biomoléculas” – CIBIMOL.

Yaneth Aidee Perea Villamil lidera el grupo de investigación “Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos” – CICTA, y sus publicaciones se refieren a la tecnología enzimática.

El cuarto lugar pertenece a la líder del grupo “Inmunología y Epidemiología Molecular”, Clara Isabel González Rugeles (18 publicaciones), y sus artículos están asociados a la medicina y la genética. En quinto lugar clasifica Rodrigo Gonzalo Torres Sáez líder del grupo de investigación “Grupo de Investigación en Bioquímica e Ingeniería de Proteínas”, con 16 publicaciones sobre temas relacionados con la proteómica.

8.3 COLABORACIONES ENTRE LOS INVESTIGADORES DE LA UIS

Se presentaron 40 colaboraciones entre 10 parejas distintas de investigadores. En el Anexo 109 se observan todas las colaboraciones encontradas.

El mayor número de colaboraciones pertenece a la pareja conformada por Elena Stashenko y Jairo René Martínez (los dos investigadores líderes en publicaciones). Estos dos autores poseen 25 colaboraciones en total entre ellos, y la gran mayoría de sus artículos se refieren a la extracción y el estudio de aceites esenciales.

En el segundo lugar están las cinco publicaciones realizadas en conjunto por Fernando Martínez Ortega y Yaneth Aidee Perea Villamil. Los artículos se encuentran asociados a la tecnología enzimática.

8.4 TEMÁTICAS DE LAS PUBLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS DE LA UIS

Las temáticas asociadas a los artículos analizados, fueron asociadas según el título de la publicación. En el Anexo 110 se encuentran las estadísticas.

La temática líder es la Biotecnología Vegetal con 95 publicaciones. Esto está influenciado en gran parte por el hecho de que las publicaciones de los dos autores líderes de la UIS, se refieren a este tema.

La Medicina se encuentra en segundo lugar con 79 publicaciones. 22 de las publicaciones relacionadas con la medicina se refieren a la inmunología y nueve publicaciones al cáncer.

En el tercer lugar está la Genética con 46 publicaciones, seguida por la Tecnología Enzimática con 29 publicaciones, y en quinto lugar la Proteómica con 20 publicaciones.

Se presentan comportamientos crecientes a través de los años en las frecuencias de algunas temáticas, como por ejemplo la Genética y la Tecnología Enzimática.

La UIS posee grandes potencialidades en la Biotecnología Vegetal, especialmente en la extracción y análisis de los aceites esenciales que es el principal tópico de estudio de los investigadores del CENIVAM. Los científicos que pertenecen a este

Centro de Excelencia poseen el mayor número de artículos, y colaboraciones para realizar estos artículos, probablemente por su cercanía y su contacto permanente.

9. ANÁLISIS DE PATENTES

La Biotecnología es una industria de ideas e invenciones. Esto hace que la propiedad intelectual, comúnmente en la forma de patentes, sea el activo el activo más importante que una Empresa Biotecnológica pueda tener. Estas empresas por lo general son firmas pequeñas (50 empleados o menos) y desarrollan productos que pueden tomar hasta más de 15 años y cientos de millones de dolares en inversiones para poder ser lanzadas al mercado¹⁸⁶.

La protección de la propiedad intelectual en la biotecnología ha sido un factor crítico. Un punto crucial en la historia de este tema, fue un caso judicial ocurrido en 1980, que ayudó a consolidar el lanzamiento de la industria de la Biotecnología. Este caso es el de *Diamond Vs. Chakrabarty*, al final del cual, la Corte Suprema sostuvo que cualquier cosa que sea fabricada por la mano del hombre (lo que incluye células y otros materiales biológicos) puede ser patentado¹⁸⁷.

9.1 DEFINICIÓN DE PATENTE¹⁸⁸

Una patente es un acuerdo entre el gobierno y un inventor, en el cual, a cambio de la revelación de toda la información relativa a la invención por parte del inventor, el gobierno le otorga a éste el derecho de excluir a otros de fabricar, usar, vender o importar la invención por un tiempo determinado. Una vez que la patente ha expirado, cualquiera puede fabricar, usar, ofertar, vender o importar la invención sin el permiso del dueño de la patente.

¹⁸⁶ Biotechnology Industry Organization (BIO). Intellectual Property. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

¹⁸⁷ *Ibíd.*

¹⁸⁸ *Ibíd.*

El propósito del sistema de patentes es promover el avance de la tecnología y proteger al inventor.

La USPTO (*United States Patent & Trademark Office*) evalúa solicitudes de patentes y emite patentes. Usualmente las patentes duran 20 años desde la fecha en la cual se llena la solicitud de la patente (no cuando es emitida). De este modo el término de ejecución de la patente está entre 17 y 20 años; el tiempo exacto depende de cuánto tiempo se encuentre la solicitud, bajo la revisión de la USPTO.

En industrias altamente reguladas como la de la Biotecnología, el periodo efectivo de protección de la patente puede ser mucho menor del rango de 17 a 20 años. Un ejemplo de ello son los medicamentos, que debido a los periodos de prueba de la FDA (*Food & Drug Administration*) se impide su entrada inmediata al mercado, aún después de la emisión de la patente.

9.1.1 Tipos de patentes¹⁸⁹

Las patentes pueden pertenecer a alguna de las siguientes tres categorías:

1. Patentes de utilidad: son otorgadas a aquellos que inventan o descubren máquinas o procesos, nuevos y útiles.
2. Patentes de diseño: son emitidas para inventores de diseños nuevos, originales y ornamentales de un artículo para la manufactura.
3. Patentes de plantas: son otorgadas a aquellos que inventan o descubren (y luego reproducen asexualmente) un nuevo tipo de planta.

9.1.2 Invenciones patentables¹⁹⁰

Los siguientes tipos de inventos son susceptibles de ser patentados:

- Un proceso.
- Una máquina.

¹⁸⁹ *Ibíd.*

¹⁹⁰ *Ibíd.*

- Un artículo de manufactura.
- Una composición de la materia.
- Cualquier mejoramiento nuevo y útil de una invención que esté bajo alguna de las categorías anteriores.

Otros tipos de inventos o descubrimientos no pueden ser patentados; esto incluye organismos creados por la naturaleza, leyes de la naturaleza, fenómenos físicos o naturales, e ideas abstractas.

9.1.3 Patentes Biotecnológicas¹⁹¹

Las invenciones biotecnológicas se encuentran generalmente en alguna de las siguientes clases:

1. Nuevas composiciones de la materia relacionadas con:
 - Nuevos ácidos nucleicos descubiertos y aislados.
 - Proteínas.
 - Invenciones farmacéuticas basadas en estos ácidos nucleicos o proteínas, o líneas celulares transformadas por ácidos nucleicos.
 - No se puede patentar un gen que ocurre naturalmente o una proteína que existe en el cuerpo, pero se pueden patentar genes o proteínas que han sido aislados del cuerpo y son útiles en la forma de una droga, un ensayo de exploración u otra aplicación.
2. Métodos para fabricar los productos anteriores, por ejemplo, tecnología de transformación o tecnología de cultivo celular.
3. Métodos para tratar pacientes con una enfermedad determinada por medio del uso de una proteína o un gen en particular. Aun si alguien posee una patente de un gen o una proteína, un segundo inventor puede obtener una patente para un nuevo uso de ese gen o proteína, si el segundo inventor descubre un nuevo uso para esa sustancia. Tales métodos para el

¹⁹¹ Ibíd.

tratamiento de enfermedades también pueden incluir mecanismos para la administración de medicamentos.

4. Método para detectar o monitorear estados de enfermedades, como por ejemplo ensayos para la detección de la enfermedad.

9.1.4 Las patentes de organismos¹⁹²

Algunas criaturas vivientes pueden ser patentadas, pero no todas. Como con cualquier invento, una criatura viviente debe ser “nueva” para poder ser patentada. De esta manera los organismos vivos que ocurren o existen en la naturaleza no pueden ser patentados. Por ejemplo no se puede patentar un ratón, porque los ratones han existido por un largo tiempo. Pero si alguien crea un nuevo tipo de ratón que no existía anteriormente, este tipo de ratón podría ser patentado. A continuación se encuentran algunos ejemplos de organismos que pueden ser patentados:

- Microbios: la patente por la levadura libre de gérmenes orgánicos o enfermedades otorgada a Louis Pasteur en 1873, y la patente por la bacteria diseñada por ingeniería genética para degradar petróleo crudo otorgada Amanda Chakrabarty.
- Plantas: aquellas nuevas plantas que han sido reproducidas asexualmente.
- Animales: la patente por el ratón diseñado por ingeniería genética para ser modelo de estudio para la enfermedad del cancer, otorgada Philip Leder and Timothy Stewart.
- Compuestos naturales: Un compuesto que es purificado al exterior de alguna planta, o una proteína que es purificada fuera del cuerpo humano puede ser patentada en su estado purificado. La USPTO no permite a nadie patentar un ser humano bajo ninguna circunstancia¹⁹³.

¹⁹² *Ibíd.*

¹⁹³ *Ibíd.*

9.2 ANÁLISIS DE PATENTES EN BIOTECNOLOGÍA DE LA OECD

La *OECD* (*ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT*) ha desarrollado una definición particular de la Biotecnología y una lista de patentes basada en dicha definición. La definición de la biotecnología es la siguiente:

“La aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para alterar materiales vivos o sin vida para la producción de conocimiento, bienes y servicios”.

En el Anexo 111 se encuentran las categorías de la Clasificación Internacional de Patentes definidas como Biotecnología por la OECD¹⁹⁴. Estos códigos fueron adaptados al español para facilitar su entendimiento.

9.3 BÚSQUEDA DE PATENTES EN BIOTECNOLOGÍA

Para la búsqueda y recolección de las patentes que conciernen al área de la Biotecnología, se hace uso del *software MATHEO PATENT®*...Véase sección 4.1.3...

Se indagaron y descargaron las patentes concedidas que se encuentran en las bases de patentes *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la USPTO .Las patentes se buscan por los códigos IPC que se encuentran en el Anexo 111, en el rango de tiempo comprendido desde Enero 1 del 2004 hasta Diciembre 31 del 2008.

¹⁹⁴ BIOTECHSUR. Anexo 1. Definición de patentes en biotecnología de la OCDE. Documento Nro. 5: Catálogo de Patentes sobre Biotecnología en el Mercosur [en línea]. 2007 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.bioteccsur.org/biblioteca-de-informes/inventario-y-diagnostico/5_Patentes_es.pdf>.

9.3.1 Número de familias y Número de patentes por código IPC

En el Anexo 112 se encuentran las estadísticas del número de patentes y de familias por cada código IPC consultado, y en el Anexo 113 se observa la representación gráfica del Anexo 112.

El código A61K 38/00 es el que presenta el mayor número de patentes (37322), aunque no posee el mayor número de familias de patentes, seguido por C12Q (31982), y C12P (31820). La descripción de los anteriores códigos se encuentra en la Tabla 12. El mayor número de familias lo presenta el código C12Q (8667), seguido por C12P (7306) y A61K 38/00 (5185).

Tabla 12. Descripción de los códigos con la mayor cantidad de familias

Códigos IPC	Descripción del código*
A61K 38/00	Preparaciones medicinales que contienen péptidos.
C12P	Procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico dado o de una composición dada, o para la separación de isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica.
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos.

*Fuente: WIPO, <http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES>

Existen dos áreas tecnológicas que presentan un número particularmente bajo de familias y de patentes. Estas áreas corresponden a los códigos C07G 13/00 (91 patentes distribuidas en 14 familias) y C07G 15/00 (29 patentes distribuidas en 6 familias). En la Tabla 13 se encuentra la descripción de estos códigos.

Tabla 13. Descripción de los códigos con las menores frecuencias

Códigos IPC	Descripción del código*
C07G 13/00	Compuestos de constitución indeterminada: vitaminas.
C07G 15/00	Compuestos de constitución indeterminada: hormonas.

*Fuente: WIPO, <http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES>

En general se puede concluir que si se comparan dos códigos, el que tenga el mayor número de familias no necesariamente será el que tenga el mayor número

de patentes. Cada Familia representa patentes relativas a una misma invención, pero solicitadas en diferentes países, por lo que el número de patentes de cada familia puede originarse por decisiones comerciales de los titulares de la patente, para proteger el invento en determinados países.

9.3.2 Fecha de prioridad y fecha de publicación

En el Anexo 114 se encuentran las gráficas de la evolución a través de los años del número de familias por año de publicación, y el número de familias por año de prioridad. El año de prioridad corresponde al año que se encuentra en la fecha de prioridad de la familia.

El número de familias por año de publicación presenta un comportamiento creciente a través de los años en la mayoría de los códigos, con la excepción de los siguientes códigos, que comienzan a decaer aproximadamente entre los años 2005-2006 en adelante: A61K 38/00, A61K 48/00, C07G 13/00, G01N 33/54, G01N 33/57, G01N 33/68, G01N 33/74, G01N 33/76, G01N 33/88, y G01N 33/92.

El número de familias por año de prioridad indica un comportamiento creciente a medida que transcurren los años, hasta el periodo comprendido entre el 2004 y el 2006, en la mayoría de los códigos. Del 2006 en adelante los códigos presentan un descenso en el número de familias por año. Existen algunas excepciones, como los códigos A61K 38/00, C12P, C12Q y G01N 33/53, que empiezan a decaer desde el año 2000, y los códigos C07G 11/00, C07K 14/00, C07K 16/00, G01N 33/54 y G01N 33/88, que decaen desde el año 2003.

Luego de un crecimiento estable en la década de 1990, el número de patentes biotecnológicas diligenciadas por vía PCT (Tratado de Cooperación en materia de Patentes) comenzó a disminuir desde más de 10000 solicitudes de patentes en el año 2000 hasta casi 7200 en el 2005. El surgimiento en los últimos años de la década pasada fue ocasionado en parte, por el flujo de solicitudes de patentes concernientes al genoma humano, mientras que el decremento reciente es

explicado a menudo, por el criterio más restrictivo de las oficinas de patentes para conceder patentes sobre el material genético¹⁹⁵.

Las causas para los comportamientos decrecientes de los últimos años (2004 en adelante) en los números de familias por año, puede ser causada por falta de actualización de los datos por parte de las bases de patentes utilizadas, por lo que sería “arriesgado” suponer que estas áreas tecnológicas se encuentran a punto de desaparecer. Esta sería la razón por la que estudios de patentes en biotecnología realizados recientemente, como el efectuado por COLCIENCIAS en el libro “La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015” en el capítulo titulado “Ejercicio de vigilancia tecnológica”, solo analizaran el periodo comprendido entre el 2000 y el 2004, aunque el libro fue lanzado en el año 2008. Otro estudio es el que llevó a cabo la OECD llamado “COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS” publicado en el 2008, en el que solo se encuentran estadísticas de patentes biotecnológicas desde 1995 hasta el año 2005.

9.3.3 Inventores de patentes

En el Anexo 115 se encuentran las gráficas con el Top 10 de los inventores con mayor número de familias, por cada código IPC relacionado con la Biotecnología.

Entre los inventores más destacados se encuentran (seguido de cada nombre se encuentra entre paréntesis la abreviatura de su nacionalidad):

- **WOOD WILLIAM I (US), GURNEY AUSTIN L (US), GODDARD AUDREY (US), GODOWSKI PAUL J. (US):** estos cuatro inventores estadounidenses trabajaron conjuntamente en la mayoría de sus patentes, y cuentan con el mayor número de familias en los códigos A61K 38/00, A61K 39/00, C07K 14/00, C07K 16/00, C07K 17/00, C07K 19/00 y C12P; además se

¹⁹⁵ OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Patents in biotechnology. COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS [en línea]. 2008 [Citado en 11 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/5/19/37569377.pdf>>.

encuentran entre los 12 primeros en el código G01N 33/53. En el Anexo 116 se pueden observar algunos detalles de sus familias de patentes. Este grupo de científicos cuenta con mayor número de familias que cualquier otro inventor de los encontrados en la búsqueda. Sus patentes están relacionadas con los polipéptidos y los anticuerpos, y el titular de sus patentes es la empresa GENENTECH INC.

- **GOLZ STEFAN (DE), BRUEGGEMEIER ULF (DE), GEERTS ANDREAS (DE):** Estos tres inventores alemanes han trabajado en equipo en la mayoría de sus patentes, y encabezan la lista con el mayor número de familias en los códigos G01N 33/57, G01N 33/74, G01N 33/76, G01N 33/78, G01N 33/88, y se encuentran entre los 19 primeros en el código G01N 33/68 (Ver Anexo 117). La gran mayoría de sus patentes están asociadas a la realización de diagnósticos y terapias para enfermedades asociadas a ciertas proteínas. Estos inventores trabajaron en conjunto en la mayoría de sus patentes, y estas tienen un detalle particular, que como titular figuran tanto los inventores como la empresa alemana BAYER HEALTHCARE.
- **EBY WILLIAM H. (US):** Este inventor estadounidense lidera por un amplio margen sobre el segundo lugar el número de familias en los códigos A01H 1/00 (133 familias) y A01H 4/00 (98 familias). Todas sus patentes están relacionadas con variedades de *SOYBEAN CULTIVAR* (clases especiales de la planta de soya). Los titulares de sus patentes son las empresas estadounidenses STINE SEED FARM INC. y MONSANTO TECHNOLOGY LLC.

9.3.4 Titulares de patentes

En el Anexo 118 se encuentran las gráficas con el Top 10 de los titulares de patentes con la mayor cantidad de familias por cada código IPC. A continuación se encuentran los titulares con el mayor número de familias:

- **UNIVERSITY OF CALIFORNIA:** Esta universidad estadounidense lidera los códigos A61K 48/00, C07K 4/00, C12Q, G01N 33/53, G01N 33/57 y G01N 33/92; se ubica en el segundo lugar en los códigos A61K 38/00, C07K 14/00, C07K 16/00, C07K 17/00, C12M y G01N 33/68; y se encuentra entre los 10 primeros en los siguientes códigos: A61K 39/00, C07G 11/00, C12P y G01N 33/54. (Ver Anexo 119)
- **GENENTECH INC:** Empresa estadounidense tiene el primer lugar en los códigos A61K 38/00, A61K 39/00, C07K 14/00, C07K 16/00, C07K 17/00, C07K 19/00 y C12P; segundo lugar en los códigos C07K 4/00 y G01N 33/53; y tercer lugar en los códigos C12N, G01N 33/57 y G01N 33/68. (Ver Anexo 120)
- **MONSANTO TECHNOLOGY LLC:** Multinacional norteamericana que lidera el código A01H 4/00 con 134 familias, segundo lugar en el código A01H 1/00 con 391 familias (el segundo número más alto de familias en un solo código de cualquier titular de patentes), y se encuentra entre los 10 primeros en el código C12N (15 familias).
- **PIONEER HI-BRED INTERNATIONAL INC.:** Esta empresa pertenece a los Estados Unidos y está en el primer puesto en el código A01H 1/00 con 444 familias (el número más alto de familias en cualquier código par algún titular de patentes), además posee el segundo lugar en el código A01H 4/00 con 89 familias.

- **BAYER HEALTHCARE AG:** Empresa Alemana que cuenta con el mayor número de familias en los códigos G01N 33/74 y G01N 33/88; clasifica en segundo lugar en los códigos G01N 33/57 y G01N 33/78; y está en el top 10 en los códigos G01N 27/327, G01N 33/68 y G01N 33/76 (Ver Anexo 121).
- **HOFFMANN LA ROCHE:** Multinacional suiza que se encuentra en el primer lugar en el código G01N 33/68, y entre los 10 primeros en los códigos G01N 27/327, G01N 33/53, G01N 33/54, G01N 33/55, G01N 33/57 y G01N 33/74. (Ver Anexo 122)
- **STINE SEED FARM INC. (US):** Tercer lugar en el código A01H 4/00 con 120 familias, y tercer lugar en el código A01H 4/00 con 44 familias.
- **MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO. LTD.:** Empresa japonesa en el primer lugar del código G01N 27/327 con un total de 133 familias. También cuenta con el segundo lugar en el código G01N 33/54 (22 familias), con el quinto lugar en el código G01N 33/55 (14 familias), y con el cuarto lugar en el código G01N 33/92 (12 familias).
- **APPLERA CORPORATION:** Segundo lugar en el código C12Q con 129 familias.
- **AJINOMOTO CO. INC.:** Empresa Japonesa con el segundo lugar en el código C12P con 126 familias.

9.3.5 Países de los titulares e inventores de patentes

En el Anexo 123 y el Anexo 124 se encuentran las gráficas con los 10 países más importantes por su número de familias de patentes biotecnológicas, tanto para países de inventores como para países de titulares. Adicionalmente se han agregado a estas gráficas los países latinoamericanos que tuvieran alguna familia en cada código.

9.3.5.1 Líderes mundiales

Como resumen de los Anexos 123 y 124, se realizaron los anexos 125 y 126. En estos dos anexos se encuentran las estadísticas de los 14 líderes mundiales en patentes biotecnológicas por país del inventor (Anexo 125), y país del titular (Anexo 126). En la Tabla 14 se encuentra la lista con estos 14 países.

Estados Unidos es el mayor productor mundial de patentes biotecnológicas y lleva una amplia ventaja sobre sus perseguidores. Este país es el único que posee cuando menos una familia en todos y cada uno de los códigos investigados, y lidera 26 de los 30 códigos.

Los únicos cuatro códigos que no lidera Estados Unidos, son liderados por China y Japón, sus mas “ceranos” perseguidores entre todos los países. En la Tabla 15 se pueden observar los detalles de estos códigos.

Tabla 14. Países líderes en patentes concedidas

Puesto	País	Número de familias*
1	Estados Unidos	18148
2	Japón	5048
3	China	2937
4	Reino Unido	2815
5	Alemania	2568
6	Francia	2014
7	República de Korea	1485
8	Suiza	1402
9	Canadá	1138
10	Holanda	974
11	Australia	958
12	Suecia	754
13	Dinamarca	665
14	Bélgica	690

* Este Número de familias corresponde a la sumatoria de las familias del país al que pertenecen los titulares o los inventores de las patentes en todos los códigos. Se escogió entre el número de familias (para un mismo país) de los inventores y los titulares, y así poder disminuir el error proporcionado por la falta de información en algunas familias sobre la nacionalidad de los inventores o los titulares.

Fuente: Datos generados de los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

El segundo país a nivel mundial es Japón. El único código que lidera este país asiático es el G01N 27/327 con 253 familias. China es el tercer país en el mundo con mayor cantidad de familias, y una prueba de su alto nivel es el dominio que posee sobre Estados Unidos en tres códigos. (Ver Tabla 15)

Tabla 15. Códigos liderados por China y Japón

Códigos IPC	Líder mundial	Descripción del código*
A01H 4/00	China	Reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos.
C02F 3 /34	China	Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla, caracterizado por los microorganismos utilizados.
C12S	China	Procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para liberar, separar o purificar un compuesto o una composición preexistentes; procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para tratar textiles o para limpiar superficies de materiales sólidos.
G01N 27/327	Japón	Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas: electrodos bioquímicos.

*Fuente: WIPO, <http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES>

9.3.5.2 Países latinoamericanos

En el Anexo 127 y en el Anexo 128 se encuentran los países de los inventores latinoamericanos y los países de los titulares latinoamericanos, respectivamente. Cada anexo contiene las estadísticas de cada país en cada código. En la Tabla 16 se observa la lista con los países latinoamericanos que tienen patentes relacionadas con la biotecnología.

Brazil tiene la mayor cantidad de familias. Si se sumaran todas las familias de los demás países latinoamericanos, no podrían alcanzar ni siquiera la mitad del número de familias brasileras. Cuba se encuentra en segundo lugar, seguida por México y Argentina. Colombia se encuentra en séptimo lugar con seis patentes. En la búsqueda no se encontraron patentes de países latinoamericanos como Ecuador, Bolivia, Paraguay, y algunos países centroamericanos.

Brasil es un país con atributos potenciales importantes en el campo de la biotecnología, particularmente en la agricultura, salud humana y animal, y medio ambiente. Su ubicación geográfica y la biodiversidad (la selva amazónica, la riqueza del pantanal, la región del Catinga y las selvas de mata atlántica) le significan una ventaja para el desarrollo biotecnológico. Brasil es consciente de estas potencialidades y los gobiernos brasileños le han apostado al desarrollo biotecnológico del país.

Tabla 16. Países latinoamericanos con patentes biotecnológicas

Puesto	País	Número de familias*
1	Brazil	466
2	Cuba	64
3	México	42
4	Argentina	35
5	Chile	26
6	Uruguay	8
7	Colombia	6
8	Venezuela	5
9	Panamá	5
10	Costa Rica	2
11	Nicaragua	2
12	Perú	1
13	Honduras	1

* Este Número de familias corresponde a la sumatoria de las familias del país al que pertenecen los titulares o los inventores de las patentes en todos los códigos. Se escogió entre el número de familias (para un mismo país) de los inventores y los titulares, y así poder disminuir el error proporcionado por la falta de información en algunas familias sobre la nacionalidad de los inventores o los titulares.

Fuente: Datos generados de los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

El actual gobierno del presidente Luiz Inácio Lula da Silva sigue promocionando la biotecnología para apoyar el desarrollo industrial. El Ministerio de Ciencia y Tecnología lanza diferentes programas de apoyo como el Programa de Biotecnología y Recursos Energéticos. Fundaciones de Apoyo a la Investigación (FAPs) apoyan el sector para obtener avances científicos en el área de la biotecnología. Una de las estrategias para el desarrollo tecnológico del país se fundamenta en el uso de la biotecnología para la explotación de los recursos naturales de la selva amazónica. Los biocombustibles constituyen otra oportunidad

para el país, ya que Brazil es el líder mundial en la utilización de este tipo de combustibles. Brazil posee una red de centros de investigación, numerosas universidades que permiten avances científicos en biotecnología, y dispone de unas 25 instituciones públicas y privadas que desarrollan proyectos de investigación importantes¹⁹⁶.

9.3.6 Patentes biotecnológicas colombianas

Se encontraron un total de seis familias de patentes asociadas a Colombia, ya sea por país del titular o del inventor. En el Anexo 129 se encuentran algunos detalles de estas familias como el título de la invención, el código al que pertenecen, los inventores y los titulares de la patente. En la Tabla 17 se encuentra la descripción de cada código en los que Colombia posee patentes biotecnológicas.

En un ejercicio de vigilancia tecnológica hecho por COLCIENCIAS, realizado bajo la coordinación metodológica del grupo IALE de Chile, se analizaron las patentes relacionadas con la Biotecnología solicitadas y concedidas encontradas en la base de datos *Thomson Delphion*, en el periodo comprendido entre enero del 2000 y mayo del 2004, y se encontraron tres registros de patentes colombianas, ninguna de ellas concedida¹⁹⁷. Si se compara con el presente estudio se puede notar un avance para Colombia, ya que las seis patentes encontradas están concedidas. En este ejercicio realizado por COLCIENCIAS, también se menciona que Colombia no se encontraba muy lejos de los líderes latinoamericanos como Brasil y México, en el periodo analizado. En el presente estudio Colombia se encuentra bastante rezagada de países como Brasil, México, Cuba, Argentina o Chile, que

¹⁹⁶ SÁNCHEZ GONZALO, Laura. EL SECTOR DE LA BIOTECNOLOGÍA EN BRASIL. 2.- RESUMEN Y CONCLUSIONES SOBRE EL SECTOR. 2006. Promomadrid/CEIM [en línea]. [Citado en 17 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.promomadrid.com/tie/files/documents/em_biotecnologia_brasil.pdf>.

¹⁹⁷ INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA "FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS" COLCIENCIAS. La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015: Ejercicio de vigilancia tecnológica. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS, 2008. p. 189-190.

cuentan con un número importante de familias de patentes en los códigos IPC analizados, aunque Colombia presenta mayor número de patentes que Venezuela, Nicaragua, Panamá o Costa Rica. Cabe aclarar que las metodologías de búsqueda usadas fueron distintas en los dos estudios.

Tabla 17. Descripción de los códigos de las patentes colombianas

Códigos IPC	Descripción del código*
A01H 4/00	Reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos.
A61K 39/00	Preparaciones medicinales que contienen antígenos o anticuerpos.
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos.
C12S	Procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para liberar, separar o purificar un compuesto o una composición preexistentes; procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para tratar textiles o para limpiar superficies de materiales sólidos.

*Fuente: WIPO, <http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES>

De las patentes colombianas encontradas se destacan dos patentes que fueron hechas por los mismos inventores (BENITO EUGENIO GUTIÉRREZ y FEDERICO PATIÑO TORO) y además tienen el mismo titular (LIMOR DE COLOMBIA S A). El Grupo empresarial LIMOR es una organización colombiana privada dedicada a la investigación, desarrollo y comercialización de nuevos productos para el sector agropecuario¹⁹⁸. Además, tiene una división especial llamada Limor Biotecnología, dedicada a la investigación y desarrollo de vacunas principalmente, aunque también trabajan en otras áreas de la biotecnología con productos novedosos a nivel internacional¹⁹⁹.

¹⁹⁸ Limor de Colombia Ltda. Quiénes somos. Limor de Colombia [en línea]. [Citado en 10 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.limorcolombia.com/quienesomos.html>>.

¹⁹⁹ Acovez - Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas. Entrevista al Dr. Libardo Mojica Gerente General del Grupo LIMOR de Colombia. ¿Qué hace LIMOR BIOTECNOLOGÍA? [en línea]. [Citado en 10 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.acovez.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=15>.

Las patentes son fundamentales para el desarrollo industrial de un país o de una institución dedicada al desarrollo de ciencia y tecnología. Aunque puede ser un proceso complejo y costoso, es una inversión para el futuro. Tener una patente otorga renombre a nivel mundial para la institución, así como también, crea una “cultura” para patentar futuras invenciones. Aunque en Colombia no se posee esta cultura de patentar las ideas, la Universidad Industrial de Santander podría promover el diligenciamiento de las patentes por parte de sus investigadores, pensando en el futuro. Gran parte de las principales instituciones dedicadas a la biotecnología en el mundo, patentan las invenciones de sus científicos para proteger su propiedad intelectual y recibir rendimientos monetarios por parte de los que quieran hacer uso de estos inventos. Así mismo la UIS podría valerse de sus patentes para generar una nueva fuente de ingresos propios.

10. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estructural es una herramienta de la prospectiva estratégica que permite la estructuración de una reflexión colectiva. Proporciona una descripción aproximada de un sistema de interés, con la ayuda de una matriz que relaciona todos los elementos constitutivos²⁰⁰. El objetivo del método es identificar las variables clave, es decir, aquellas que ejercen mayor influencia sobre las restantes²⁰¹. El proceso de reflexión es llevado a cabo por un grupo de trabajo compuesto por expertos con experiencia demostrada.

10.1 LISTADO DE VARIABLES

Para elaborar este listado se realizó una consulta bibliográfica exhaustiva, que permitió la obtención de un documento con un total de 80 variables con sus respectivas definiciones, contenidas dentro de ocho factores: Tecnológico, Financiero, Político, Económico, Ambiental, Organizacional, Social y Legal (Para conocer la definición de cada factor, remitirse al Anexo 130). La búsqueda estuvo centrada en encontrar las características, temas, problemas y tendencias en torno a la biotecnología, en los contextos internacional, nacional y en la UIS. Algunas de las variables surgieron del taller y seminario en Prospectiva Tecnológica e Inteligencia Competitiva orientado por el Dr. Francisco Mojica y el Dr. Raúl Trujillo, en el cual participaron los investigadores pertenecientes a las áreas estratégicas determinadas por la Universidad Industrial de Santander.

El siguiente paso que se llevó a cabo fue un proceso de depuración de las variables, que consistió en la reagrupación (las variables contenidas por otras,

²⁰⁰ GODET, Michel. Prospektiker (Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia). La caja de herramientas de la prospectiva estratégica [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Cuarta edición, abril de 2000. P.68.

²⁰¹ MOJICA, Francisco. La prospectiva: Técnicas para visualizar el Futuro. Capítulo 4, pág. 36.

fueron agrupadas), y la eliminación de variables redundantes. Como resultado se obtuvieron 25 variables que fueron presentadas a varios expertos internos en el área, para que hicieran las observaciones respectivas y propusieran los cambios que consideraran necesarios según su propio criterio.

Un total de 22 variables fueron establecidas, todas contenidas dentro de los ocho factores anteriormente mencionados. Es necesario aclarar que el Análisis Estructural no pretende reconocer la totalidad de los elementos del todo, sino establecer una visión más clara del contexto del sistema que se estudia, a través de un conjunto de variables consideradas pertinentes por los participantes del proceso de reflexión colectiva²⁰².

Los expertos que participaron en el proceso de definición y escogencia de variables a analizar, aparecen en la Tabla 18.

Tabla 18. Listado de expertos para revisión y escogencia de las variables finales utilizadas en el MICMAC

Experto	Rol
Cristian Blanco Tirado	Director de la escuela de Química y líder del área: Biotecnología
Jairo René Martínez	Líder del área: Agroindustria
Carlos Aníbal Vásquez	Líder del grupo CIAGRO
Clara Isabel González	Líder del Grupo Inmunología y Epidemiología Molecular – GIEM
Martha Cervantes Díaz	Investigadora del CENIVAM

Fuente: Propia.

De esta manera, se obtiene el listado de variables que se encuentra la Tabla 19 (para conocer la definición de las variables ver el Anexo 130).

10.2 DESCRIPCIÓN DE RELACIONES ENTRE VARIABLES

La función de los expertos radica en comprobar si un factor está afectando a los otros. En esta etapa los expertos deben calificar el impacto de una variable sobre

²⁰² MOJICA, Francisco José. La construcción del futuro. Convenio Andrés Bello. Universidad Externado de Colombia. P.198.

la otra. Dicho impacto puede ser fuerte, moderado, débil, nulo o potencial, según sea el criterio del experto. La influencia se considera potencial cuando en el momento actual una determinada variable no está afectando a otra, pero se piensa que en el futuro podría hacerlo. El resultado de la calificación efectuada, se puede observar en la matriz relacional que surge como consecuencia del análisis llevado a cabo por los expertos en el área²⁰³.

Tabla 19. Variables finales

No.	Variable	No.	Variable
1	Valor agregado	12	Mercado existente
2	Redes de investigación	13	Demanda y/u oferta emergente
3	Tecnologías convergentes	14	Redes territoriales
4	Transferencia de tecnología	15	Acuerdos comerciales internacionales
5	Programa de posgrado en biotecnología	16	Desarrollo sostenible
6	Empresas de base tecnológica (spin off)	17	Gestión del talento humano
7	Capacidad científica y tecnológica	18	Asociatividad de los grupos de investigación UIS
8	Producción científico tecnológica	19	Vida saludable
9	Disponibilidad de recursos	20	Percepción social
10	Áreas prioritarias	21	Bioseguridad
11	Políticas nacionales, departamentales y municipales	22	Propiedad Intelectual

Fuente: Propia.

Para el diligenciamiento de la matriz de relaciones directas se establecieron diferentes momentos, teniendo en cuenta la disponibilidad y disposición de los expertos²⁰⁴. Cada participante diligenció individualmente una matriz con el acompañamiento metodológico de alguno de los ejecutores de este proyecto, y luego fueron unificadas según criterios estadísticos.

Se usaron dos tipos de expertos según su pertenencia o no, a la UIS. En la Tabla 20 se encuentra el listado con los expertos internos, y en la Tabla 21 se observan los expertos externos.

²⁰³ Ibíd., p.199.

²⁰⁴ Matriz de relaciones directas según GODET Michel, Op. Cit., p.70. O Matriz relacional según MOJICA Francisco José, Op. Cit., p.199.

Tabla 20. Listado de expertos internos para diligenciamiento de la Matriz

No.	Experto Interno	Rol
1	Cristian Blanco Tirado	Director de la escuela de Química y líder del área biotecnología.
2	Jairo René Martínez	Líder del área agroindustria
3	Carlos Aníbal Vásquez	Líder del grupo CIAGRO
4	Clara Isabel González	Líder de Grupo Inmunología y Epidemiología Molecular – GIEM
5	Daniel Rafael Miranda Esquivel	Líder del Grupo de estudios en Biodiversidad
6	Mariani Yajaira Combariza	Líder del CEIAM
7	Jorge Hernández Torres	Líder del CINBIN
8	Vladimir Kouznetsov Valentinovich	Laboratorio Química Orgánica y Biomolecular
9	Alirio Palma	Laboratorio de Síntesis Orgánica – LSO

Fuente: Propia.

Tabla 21. Listado de expertos externos para diligenciamiento de la Matriz

No.	Experto Externo	Rol	Organización
1	Gabriel Cadena Gómez	Director	Corporación bistec
2	Erika Pinto Beltrán	Persona designada por la directora del IBUN, Dolly Montoya	IBUN (Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia)
3	Carlos A. Bárcenas R.	Coordinador Unidad de Servicios de Información (USI)	CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café)

Fuente: Propia.

10.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES CLAVE

Una vez realizada la clasificación directa, se procede a efectuar la segunda clasificación llamada MICMAC (acrónimo de “*Matrice d’Impacts Croisés-Multiplication Appliquée à un Classement*” - Matriz de impactos cruzados-multiplicación aplicada a una clasificación). Ésta es necesaria, ya que se considera que los expertos en el momento de relacionar la causalidad de dos variables lo hacen de manera incompleta, porque solo tienen en cuenta el impacto directo de una variable A sobre una B, pero es posible que B esté afectando a otras variables, entonces se estaría ignorando la fuerza de la influencia indirecta generada por las relaciones entre variables. El MICMAC permite unir la calificación

de la relación directa con la de los impactos indirectos, y de este modo determinar la verdadera calificación de la influencia de cada variable²⁰⁵.

En total, 12 expertos participaron en el diligenciamiento de igual número de matrices, que fueron agrupadas en una única matriz a través del promedio, entendido éste como el valor típico o representativo que identifica a todos los datos provenientes de una muestra o de una población²⁰⁶. De esta forma se puede usar la media, la mediana o la moda como promedio, según sea conveniente.

Los siguientes criterios²⁰⁷ fueron utilizados para determinar la Matriz Unificada (Matriz resultado de la unión de todas las 12 matrices diligenciadas por los expertos):

1. Si se dispone de datos organizados en una tabla de frecuencias, y la distribución es aproximadamente simétrica, se utiliza la media aritmética; cuando la distribución es sesgada, se usa la mediana.
2. Si en una distribución de frecuencias se observa que el valor modal tiene una frecuencia considerablemente superior a la de todos los demás valores, se utiliza la moda como promedio.
3. La mejor alternativa para hacer inferencias sobre una población de estudio es la media aritmética.
4. Cuando una distribución tenga forma de “U” no se debe utilizar la media aritmética, porque se obtendría la contradicción de que el promedio es lo menos frecuente. Para estos casos deberá utilizarse la moda.
5. Cuando los extremos de la distribución no están definidos es conveniente utilizar la moda o la mediana.

²⁰⁵ GODET, Michel. De l'anticipation à la action, Paris, Dunod, 1995. Citado por MOJICA, Francisco José, Op. Cit., p.206.

²⁰⁶ RAMÍREZ, Daniel; ARIAS OSORIO, Javier y VIRVIESCAS, Leonardo. Introducción a la estadística. Escuela de estudios industriales y empresariales. Universidad industrial de Santander. 2008. P.30.

²⁰⁷ Ibid., p.30-32.

La media y la mediana fueron calculadas y redondeadas a números enteros para facilitar su manejo. Para garantizar la representatividad del promedio se evaluaron todos los criterios anteriores, encontrando en la mayoría de los casos distribuciones simétricas que favorecían el uso de la media, en otros, distribuciones sesgadas que sugerían el uso de la mediana y finalmente las situaciones en las que se puede ver que el valor modal de la distribución de frecuencias fue muy superior a los demás valores, precisando el uso de la moda. Las celdas que fueron evaluadas con la calificación “P” fueron consideradas en primer lugar, y todas aquellas casillas cuya moda dieron como resultado este valor fueron mantenidas de la misma forma en la matriz unificada.

El análisis estructural es una herramienta que sirve para estimular la reflexión colectiva y hacer reflexionar sobre los aspectos contra-intuitivos del comportamiento de un sistema. Los resultados que ofrece nunca deben ser tomados al pie de la letra, porque su finalidad es la de hacer reflexionar. No hay lectura única de los resultados del MICMAC y es apropiado que el grupo que participó en el proceso construya su propia interpretación²⁰⁸.

Dos conceptos son fundamentales en el análisis de resultados del MICMAC: la motricidad y la dependencia. La motricidad es la influencia que una variable ejerce sobre las demás variables y la dependencia hace referencia a la incidencia de los diferentes fenómenos sobre uno específico²⁰⁹. En la Figura 31 se observan las relaciones de influencias y dependencias directas, y después el análisis de los resultados. Se recomienda ver el Anexo 131 que contiene todos los gráficos y estadísticas del MICMAC.

Variables del pelotón: La zona situada cerca a la línea promedio corresponde a variables poco definidas. Se consideran a estos factores como poco relevantes²¹⁰:

²⁰⁸ GODET, Michel, Op. Cit., p.72.

²⁰⁹ MOJICA, Francisco José, Op. Cit., p.199.

²¹⁰ Ibid., p.202

1. Asociatividad entre los grupos de investigación UIS.
2. Acuerdos internacionales.

Zona de variables autónomas: Son las variables que son muy poco dependientes, pero también muy poco motrices. Aquellos factores que no se encuentren armonizados en la conformación del sistema y en la realidad compleja, aparecen en esta zona²¹¹. A continuación se enumeran las variables que pertenecen a este conjunto:

1. Vida saludable.
2. Redes territoriales.
3. Mercado existente.
4. Percepción social.

Zona de salida: Se encuentran los factores que son más dependientes que influyentes. Se consideran como efectos de los movimientos de las otras zonas²¹².

A esta zona pertenecen las siguientes variables:

1. Redes de investigación.
2. Tecnologías convergentes.
3. Demanda y/u oferta.
4. Políticas nacionales, departamentales y municipales.

Zona de conflicto: A esta área pertenecen las variables que son muy motrices y muy dependientes. Como consecuencia son factores muy influyentes y muy influidos²¹³.

1. Gestión del talento humano.
2. Capacidad científica y tecnológica.
3. Desarrollo sostenible.
4. Propiedad intelectual.

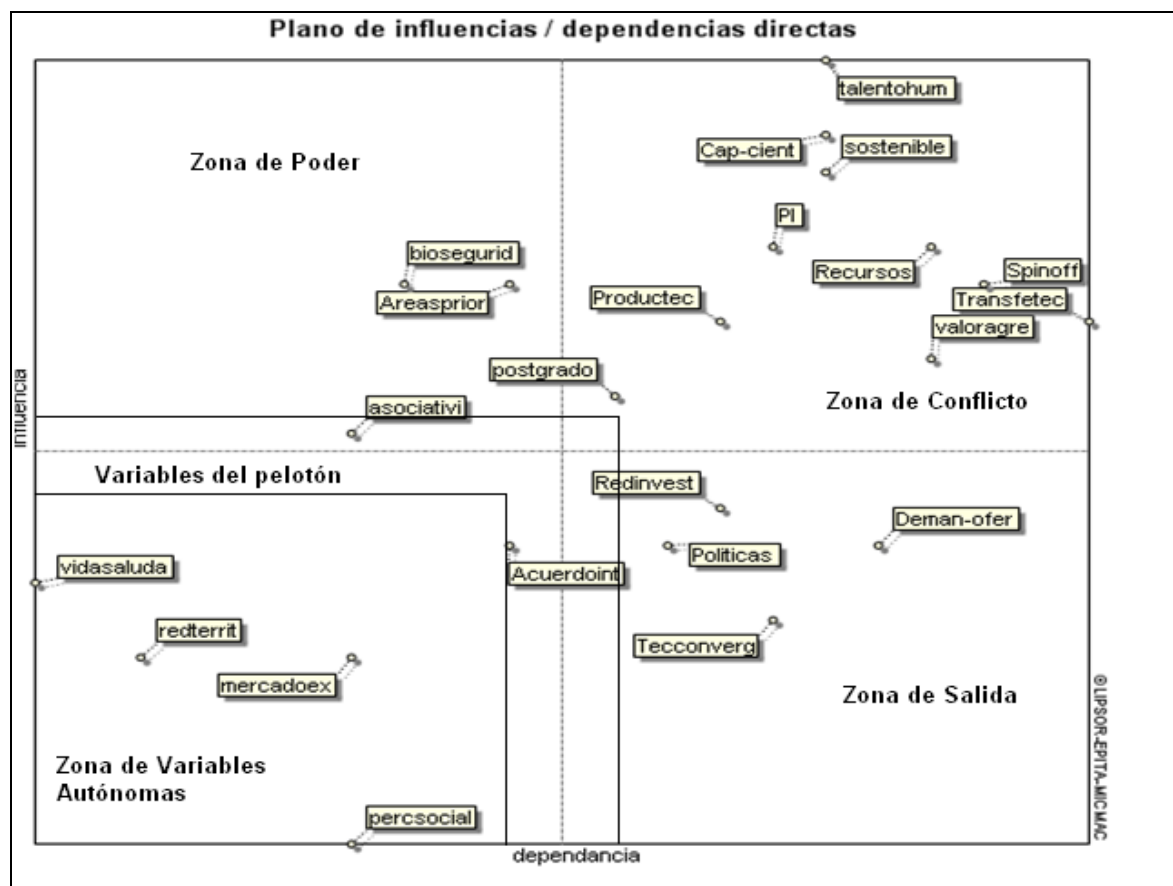
²¹¹Ibíd., p.202.

²¹²Ibíd., p.202.

²¹³Ibíd., p.202.

5. Disponibilidad de recursos.
6. Empresas de base tecnológica (spin off).
7. Transferencia de tecnología.
8. Valor agregado.
9. Producción científico-tecnológica.
10. Programa de postgrado en biotecnología.

Figura 31. Plano de influencias/dependencias directas



Fuente: Gráfico generado en el software MICMAC a partir de la información en las matrices diligenciadas por los expertos.

Zona de poder: En esta franja aparecen las variables de alta motricidad y baja dependencia. Estos factores ejercen una gran influencia sobre los demás, pero

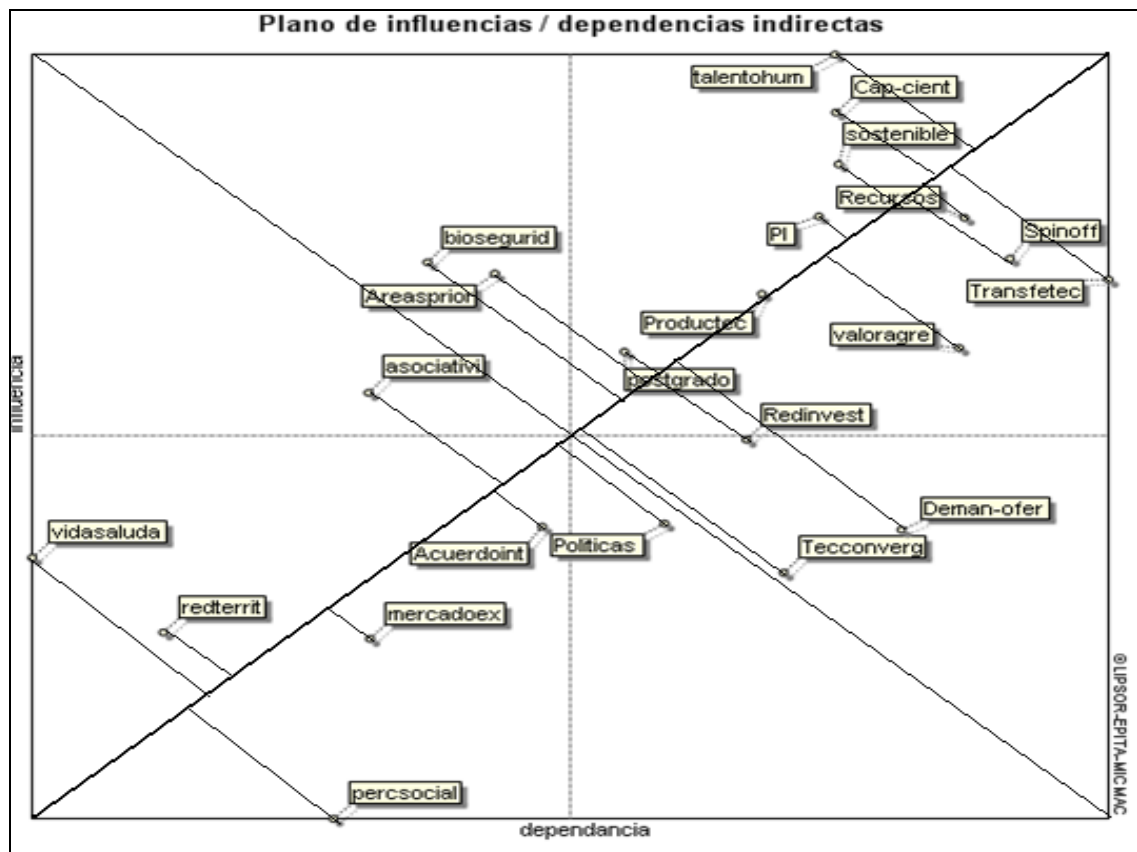
son poco afectados, en consecuencia las variables pertenecientes a este grupo son de vital importancia²¹⁴:

1. Áreas prioritarias
2. Bioseguridad

10.4 VARIABLES ESTRATÉGICAS

Las variables estratégicas o claves son determinadas a partir de la proyección de cada factor sobre la bisectriz del plano cartesiano de motricidad dependencia indirecta (Ver Figura 32).

Figura 32. Plano de influencias indirectas potenciales



Fuente: Gráfico generado en el software MICMAC a partir de la información en las matrices diligenciadas por los expertos.

²¹⁴ Ibid., p.202.

Esta proyección permite verificar y ordenar de mayor a menor los valores de la relación motricidad-dependencia. Las variables consideradas estratégicas ocupan los primeros puestos partiendo desde la esquina superior derecha hasta la esquina inferior izquierda²¹⁵.

En la Tabla 22 se observan las variables ordenadas según su importancia para la planeación estratégica.

Tabla 22. Clasificación de las variables

#	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	FACTOR
1	<i>Gestión del Talento humano</i>	Interna	Organizacional
2	<i>Transferencia de tecnología</i>	Interna	Tecnológico
3	<i>Capacidad científica y tecnológica</i>	Interna	Tecnológico
4	<i>Disponibilidad de recursos</i>	Interna	Financiero
5	<i>Empresas de base biotecnológica (spin-off)</i>	Interna	Tecnológico
6	Desarrollo sostenible	Externa	Ambiental
7	Propiedad intelectual	Externa	Legal
8	Valor agregado	Externa	Tecnológico
9	Producción científico-tecnológica	Interna	Tecnológico
10	Demanda y/u oferta emergente	Externa	Económico
11	Programa de postgrado en biotecnología	Interna	Tecnológico
12	Redes de investigación	Interna	Tecnológico
13	Áreas prioritarias	Externa	Político
14	Bioseguridad	Externa	Legal
15	Tecnologías convergentes	Externa	Tecnológico
16	Políticas nacionales, departamentales y municipales	Externa	Político
17	Asociatividad de los grupos de investigación UIS	Interna	Organizacional
18	Acuerdos comerciales internacionales	Externa	Económico
19	Mercado existente	Externa	Económico
20	Redes territoriales	Externa	Económico
21	Vida saludable	Externa	Social
22	Percepción total	Externa	Social

Fuente: Propia.

Las cinco primeras variables son de tipo interno, es decir, son competencia de la UIS. Además pertenecen a la zona de conflicto, en consecuencia, son altamente influyentes y altamente dependientes. Se puede observar que corresponden a los factores Organizacional, Tecnológico y Financiero.

²¹⁵ *Ibíd.*, p. 204-205.

- **Gestión del talento humano**

Representa una temática recurrente en las conversaciones con los expertos internos, que plantearon la necesidad de mejorar las condiciones laborales en cuanto a estímulos, desarrollo profesional, y la implantación de políticas y normas institucionales que permitan una mayor dedicación a la actividad investigativa.

- **Transferencia de tecnología**

Se considera que el proceso de transferencia de tecnología es un proceso complejo principalmente, por los diversos factores y agentes que participan. En consecuencia, para realizar un proceso de transferencia de tecnología eficiente y en concordancia con los objetivos de los participantes, éstos deberán afrontarlo de forma planificada y controlada²¹⁶. La Universidad Industrial de Santander ha venido realizando, por muchos años, esfuerzos con el propósito de transmitir conocimiento a la comunidad. Sin embargo, en este momento como en ningún otro en la historia, se hace necesario el intercambio eficaz de conocimiento entre la universidad y la industria, a través de las herramientas de la planeación estratégica y la gestión tecnológica, de tal manera que se generen productos y procesos capaces de crear bienestar económico para la región y el país. El parque tecnológico de Guatiguará representa un claro ejemplo del compromiso institucional en esta dirección.

- **Capacidad científica y tecnológica**

La capacidad científica y tecnológica de la universidad representada en los centros y grupos de investigación dedicados a la biotecnología, con su talento humano e infraestructura, es la base de todo avance en materia de investigación. Un conjunto de estrategias tendientes a la maximización de esta importante

²¹⁶ FERNÁNDEZ, Lucía y CLARK, Modet. Transferencia de Tecnología: Puntos clave para garantizar un proceso eficiente. Revista Dinero [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=44199>.

característica del sistema, permitirá a la UIS desarrollar el conocimiento suficiente para aumentar su producción científica, además de estimular la aplicación de este acervo al desarrollo de productos y procesos innovadores.

- **Disponibilidad de recursos**

La consecución de recursos financieros que soporten la investigación con fines empresariales, está estrechamente vinculada con las formas de patrocinio institucional, regional, nacional o internacional. Por esta razón las áreas prioritarias definidas en los diversos programas de ciencia y tecnología, agendas empresariales, planes o políticas gubernamentales, son de gran interés para la definición de estrategias que ayuden al desarrollo de la investigación en biotecnología.

- **Empresas de base biotecnológica (spin-off)**

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), define la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos con el fin de alterar materiales vivos o inertes para proveer conocimientos, bienes y servicios”²¹⁷. Esta definición le da una orientación muy concreta al área; la generación no sólo de conocimiento científico sino también de beneficio económico a partir de las aplicaciones resultantes. De esta manera la creación de empresas de base biotecnológica, por medio de las relaciones entre empresas y universidades o centros públicos, que tienen un carácter de prestación de servicios en investigación y desarrollo, con el propósito de desarrollar tecnología y productos biotecnológicos, constituyen un propósito vital de cualquier plan estratégico asociado a la biotecnología.

²¹⁷ VAN BEUZEKOM, Brigitte y ARUNDEL, Anthony. OECD BIOTECHNOLOGY STATISTICS – 2006 [en línea]. Organization for economic co-operation and development (OECD). 2006. p. 7 [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf>>.

El establecimiento de las variables clave como resultado del Análisis Estructural no representa el fin del proceso de reflexión colectiva, sino por el contrario supone el comienzo de una nueva etapa de planeación estratégica que debe incluir todas las consideraciones posibles para las variables estratégicas, así como las respectivas actualizaciones del sistema que permitan una toma de decisiones acertada y pertinente.

11. PROPUESTA DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El Plan Institucional 2008-2018 de la Universidad Industrial de Santander en el apartado dedicado a la Dimensión de la Universidad frente a la Comunidad Regional, Nacional e Internacional, refleja en la siguiente frase la orientación que la UIS pretende dar a sus esfuerzos desde hace ya algún tiempo: “Son múltiples y variadas las actividades que la Universidad realiza con el propósito de constituirse en una institución líder a nivel nacional en relación con el desarrollo de procesos que conduzcan a la generación de nuevo conocimiento, a la consolidación del país como una sociedad del conocimiento y a la promoción de condiciones propicias para la innovación tecnológica, científica y humanística”²¹⁸.

Para conseguir este propósito es necesario apuntarle a líneas de investigación que no sólo incluyan los problemas propios de las ciencias básicas, sino que a su vez respondan a un enfoque más aplicado que permita que el conocimiento forjado por los investigadores trascienda las aulas de clase y los laboratorios, hacia los grupos de interés. Además, el imperativo de ingresar en los escenarios internacionales impuesto a la región y el país como consecuencia de la globalización, exige de la universidad un cambio de cultura investigativa, en el cual se privilegie la cooperación entre grupos de investigación, las alianzas estratégicas con instituciones internacionales de carácter público o privado y la creación de empresas de base tecnológica como resultado esperado de la generación de conocimiento. Teniendo en cuenta el entorno anteriormente descrito, este trabajo en sus capítulos precedentes mostró los resultados del análisis de diversos aspectos relevantes de la producción científica y tecnológica a nivel mundial, nacional y UIS, tales como las publicaciones, las patentes y la identificación de variables clave para la evolución de la biotecnología, con el

²¹⁸ Universidad Industrial de Santander. Plan de Desarrollo Institucional 2008-2018: Aspectos estratégicos. Bucaramanga. 2008. P.37.

objetivo de consolidar una propuesta de líneas de investigación acertadas a futuro, resultado del cruce de las capacidades y perspectivas institucionales con las alternativas investigativas en los contextos nacional e internacional. La industria alimentaria y farmacéutica, así como las aplicaciones para la protección del medio ambiente, son algunos de los sectores privilegiados por las líneas de investigación presentadas a continuación:

1. Producción y aplicación de enzimas o microorganismos²¹⁹: En el análisis de patentes se encontró que los 2 códigos IPC²²⁰ (C12Q²²¹, C12P²²²) con mayor cantidad de familias estaban asociados a los procesos enzimáticos; dentro de este grupo existen patentes colombianas (incluidas en IPC: C12Q). Colombia también ha patentado para los códigos IPC C12N²²³ y C12S²²⁴ que corresponden a microorganismos o enzimas. Para las publicaciones internacionales se halló un número considerable de artículos referentes a tecnología enzimática ocupando el tercer puesto en el ranking de importancia. La palabra clave biotransformación contenida en el tema de microorganismos tuvo un comportamiento creciente en el tiempo. La Universidad Industrial de Santander ha publicado 29 artículos relacionados con esta temática, lo que representa 10,78% de los artículos encontrados para biotecnología en la institución. Esta línea de investigación posee importantes aplicaciones en la

²¹⁹ Biotransformaciones e ingeniería de procesos: Utilización y diseño de microorganismos y enzimas con el propósito de obtener moléculas y productos de interés industrial, que puede tener su énfasis sobre métodos que impliquen modificaciones genéticas, Ingeniería metabólica mediante ingeniería genética de microorganismos.

²²⁰ Clasificación Internacional de Patentes (IPC de su sigla en inglés).

²²¹ C12Q: Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos

²²² C12P: Procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico dado o de una composición dada, o para la separación de isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica.

²²³ C12N: Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.

²²⁴ C12S: Procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para liberar, separar o purificar un compuesto o una composición preexistentes; procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para tratar textiles o para limpiar superficies de materiales sólidos.

industria de los productos lácteos, del almidón y el azúcar, de las grasas y aceites, de la pulpa y papel, cervecera, del procesamiento de carne, en las productoras de jugos de frutas y en el tratamiento de desechos, entre otras aplicaciones.

- 2. Tratamiento de aguas contaminadas con microorganismos:** La Universidad Industrial de Santander cuenta con un importante número de grupos dedicados a la Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas (seis grupos)²²⁵. Esto muestra un gran potencial para el perfeccionamiento de soluciones a los problemas de contaminación. En cuanto a patentes, China lidera este tipo de tecnologías superando ampliamente a Estados Unidos²²⁶, y esto se ve representado en la cantidad de familias que posee para el código IPC C02F 3/34²²⁷ (379 familias). En Latinoamérica, Brasil y Chile poseen un número de familias de patentes para este código IPC relativamente alto, 5 y 3 respectivamente, teniendo en cuenta que países como la India y el Reino Unido tan sólo tienen 15 y 20. Para la temática Cuidado del medio ambiente (*Environmnet Care*), que se desprendió del análisis de publicaciones internacionales, el tema de aguas residuales ocupa el segundo lugar en importancia (ver anexo 69). Para las publicaciones nacionales, en el área general Ciencias del medio ambiente, el tópico Contaminación y tratamiento del agua es el de mayor relevancia. El tratamiento de aguas contaminadas es muy importante en los países en vía de desarrollo que presentan múltiples problemas con el manejo de sus desechos.
- 3. Biorremediación de suelos con microorganismos, hongos, algas, plantas u otros:** Hace parte del auge mundial por proteger el medio ambiente y aprovechar al máximo los recursos. Este tema se encuentra muy relacionado

²²⁵ Este sector de aplicación tiene el quinto puesto a nivel nacional.

²²⁶ Estados Unidos cuenta con 93 familias de patentes para el código IPC C02F 3/34; Cuba y México tienen 1 cada uno.

²²⁷ C02F 3/34: Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla, caracterizado por los microorganismos utilizados.

con la línea de investigación propuesta anteriormente. Consiste en la aplicación de los microbios, hongos, algas, plantas o enzimas derivadas de estos, al problema de los suelos contaminados. En la UIS existen cinco grupos en el sector de los productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible. La biorremediación es una palabra clave importante contenida en el área general del Cuidado del medio ambiente (*Environment care*), ocupando el sexto puesto después de biodegradación, para las publicaciones internacionales.

4. Preparaciones medicinales que contienen péptidos: La proteómica es el segundo tema en importancia después de la genética en las publicaciones internacionales, la palabra clave péptido (*peptide*) cuenta con numerosas menciones en los artículos analizados. El análisis de patentes mostró que el código IPC A61K 38/00²²⁸, con 5185 familias, tiene relevancia a nivel mundial ubicándose entre los tres primeros puestos. Brasil, Cuba y México poseen 49, 8 y 2 familias de patentes asociadas a este tema. 7,35% de los artículos de biotecnología publicados por la UIS hacen referencia a la Proteómica. La Universidad Industrial de Santander cuenta con 3 grupos caracterizados dentro del sector de aplicación “Fabricación de productos farmacéuticos”.

5. Compuestos de constitución indeterminada-hormonas: Esta línea de investigación nace como resultado del análisis de patentes en el que se descubre que el código IPC C07G 15/00²²⁹ cuenta con un número bajo de familias de patentes (6) y de patentes (29). En este tema Estados Unidos y Brasil han patentado en igual número de familias (2). Esta temática se constituye en una línea de investigación emergente que podría generar beneficios significativos para la UIS.

²²⁸ A61K 38/00: Preparaciones medicinales que contienen péptidos.

²²⁹ C07G 15/00: Compuestos de constitución indeterminada: hormonas.

- 6. Compuestos de constitución indeterminada-vitaminas:** Esta línea de investigación, al igual que la anterior, surge como resultado del análisis de patentes en el que se encuentra que el código IPC C07G 13/00²³⁰ posee un número bajo de familias de patentes y de patentes, 14 y 91 respectivamente. Esta temática podría representar una importante oportunidad para desarrollar tecnología en un área que está emergiendo, y en la cual no hay competidores en América Latina. El país que lidera este tema es Estados Unidos, pero están cerca: Austria, Holanda, Japón, Francia, Canadá y Alemania²³¹.
- 7. Desarrollo y utilización de diferentes herramientas de carácter biotecnológico, especialmente la transgénesis, para la obtención de nuevas especies y variedades que no pueden ser obtenidas a través de los métodos convencionales:** Un importante número de publicaciones tanto nacionales como internacionales, en particular las últimas, se dedicaron a los transgénicos sobre todo los de carácter vegetal, ya sea a través de la mención concreta de la palabra clave transgénico o refiriéndose a tipos de plantas que han sido modificadas genéticamente para mejorar características específicas²³². Dos grupos de la Universidad Industrial de Santander están dedicados a la producción vegetal. Este es el tipo de líneas de investigación que obtendría buena financiación tanto de origen público como privado, además de gran prestigio.
- 8. Anticuerpos monoclonales terapéuticos:** Las publicaciones internacionales presentaron tres temas importantes en el área general de la medicina: Las enfermedades, la inmunología y los anticuerpos monoclonales. Los anticuerpos monoclonales representan un gran aporte para el diagnóstico y la investigación

²³⁰ C07G 13/00: Compuestos de constitución indeterminada: vitaminas.

²³¹ Para el código IPC C07G 13/00, Estados Unidos posee 4 familias de patentes; Japón, el competidor más cercano tan sólo cuenta con 2 familias de patentes.

²³² Organismos genéticamente modificados son transgénicos cuando se les ha agregado material genético, es decir, los transgénicos son una clase de organismos genéticamente modificados.

biomédica²³³. En la actualidad son utilizados solos o en combinación con otros tratamientos como una fuente importante en los ensayos clínicos²³⁴.

9. Cultivo *in vitro* y micropropagación: En cuanto al tópico de las Técnicas, el Cultivo *in vitro* aparece en el primer puesto para el caso de las publicaciones internacionales. Esta técnica se basa en la capacidad de las especies vegetales de reproducirse, utilizando material vegetal, tejido, o células adultas o somáticas. De tal manera que pueden multiplicarse estas especies vegetales en el laboratorio bajo condiciones *in vitro*, sin necesidad de cultivarlas. El conjunto de técnicas que permiten la multiplicación vegetativa en laboratorio se les denomina técnicas de propagación. La aplicación potencial de estas técnicas en especies vegetales sirve para generar producción en masa²³⁵.

Las primeras cuatro líneas de investigación corresponden a los temas que tuvieron mayor aparición en el conjunto total de todos los análisis realizados. Las hormonas y las vitaminas (líneas 5 y 6 respectivamente), representan temáticas emergentes que han sido incluidas como claves pues podrían convertirse en un terreno en el que la UIS podría liderar si comienza a trabajar desde ahora. Las líneas 7, 8 y 9 hacen referencia a tópicos que tuvieron un destacable número de menciones, sobre todo en el ámbito internacional y podrían representar una fuente importante de recursos financieros para proyectos de investigación.

A la consideración de la Universidad Industrial de Santander y de todas las personas interesadas en el avance científico y tecnológico, se somete esta propuesta de líneas de investigación esperando haber aportado un grano de arena al desarrollo de la biotecnología en la universidad y la región santandereana.

²³³ Lesney, M. S.: Monoclonal en masse Mod Drug Discovery, 2003.6: p.53.

²³⁴ GENOMA ESPAÑA. Genoma y medicina. Noviembre de 2004.p.48.

²³⁵ GENOMA ESPAÑA, Genoma España: Impacto de la biotecnología en los sectores agrícola. Ganadero y forestal. 2005. p.15.

12. CONCLUSIONES

- La Biotecnología es un área multidisciplinaria que presenta numerosas aplicaciones y oportunidades para el progreso económico y social de los países en vía de desarrollo. Los países del primer mundo saben del potencial que tiene la Biotecnología, y por esta razón, le prestan una especial atención a los avances científicos que se generan en ella. Existen organizaciones internacionales que invierten grandes cantidades de dinero en la observación de la industria biotecnológica y la generación de las estadísticas de sus parámetros. Algunos ejemplos de ello son la BIO (*Biotechnology Industry Organization*) y la OECD (*Organisation for Economic Co-Operation and Development*).
- La Biotecnología es uno de los principales exponentes de lo que actualmente se conoce como economía basada en el conocimiento. En esta economía el conocimiento hallado en los laboratorios permite el consecuente desarrollo de productos y aplicaciones, útiles para un relevante conjunto de sectores industriales, empresariales y asistenciales. La biotecnología genera información científica y desarrollos tecnológicos que soportan, por ejemplo, los procedimientos de generación de los biocombustibles, la fabricación de fármacos, la remediación de ambientes contaminados, la obtención de plantas resistentes a enfermedades y herbicidas, novedosos y prácticos métodos para el diagnóstico de enfermedades, y elaboración de alimentos con propiedades especiales, como por ejemplo el *Golden rice*.
- Del análisis de capacidades nacionales surgieron interesantes resultados. Por ejemplo, la ventaja casi absoluta que existe en cuanto a grupos de investigación y programas de formación (80 y 123 respectivamente),

ejercido por el Distrito Capital sobre el resto del país. La universidad Nacional de Colombia, con sede principal en Bogotá, es el alma mater referencia en cuanto a biotecnología se refiere, con el mayor número de programas de formación asociados al área (43), así como el único doctorado en biotecnología. Además cuenta con el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN), ente que soporta e integra la investigación alrededor del área. La Universidad Industrial de Santander posee un número considerable de grupos con líneas biotecnológicas de investigación (22) y un proyecto para la conformación de un programa de postgrado en biotecnología. También cuenta con una base de formación fuerte en Química (Ingeniería Química y Química), que tiene dos maestrías y dos doctorados.

- Para la mayoría de los sectores de aplicación que fueron encontrados en el análisis de resultados de los grupos de investigación referenciados a nivel nacional, se tiene al menos un grupo UIS dedicado a esa temática. Se cuenta con un importante conjunto de investigadores UIS dedicados a:
 - ✓ Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas (seis grupos de investigación).
 - ✓ Productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible (cinco grupos de investigación).
 - ✓ Actividades de asesoramiento y consultoría a empresas (cuatro grupos de investigación).
 - ✓ Agricultura, pecuaria, silvicultura, explotación forestal (tres grupos de investigación).
 - ✓ Cuidado a la salud de las poblaciones humanas (tres grupos de investigación).

✓ Fabricación de productos farmacéuticos (tres grupos de investigación).

- Estados Unidos posee una gran ventaja sobre los demás países del mundo, en cuanto a su número de publicaciones biotecnológicas (1191 publicaciones). Aunque solo posee un autor destacado (Strauss, Steven H.- Profesor de *Oregon State University*), este país cuenta con gran cantidad de científicos en Universidades, Instituciones de investigación públicas y Empresas privadas, dedicados a la investigación de temas biotecnológicos, y además cuenta con una amplia gama de revistas con reconocimiento mundial que publican artículos asociados a la biotecnología. USA es seguido por algunos países de la Unión Europea (Alemania, Inglaterra, Italia, España y Francia), países asiáticos (India China y Japón) y un único país latinoamericano, Brasil.
- Las publicaciones internacionales relacionadas con la biotecnología han venido en aumento en los últimos cinco años, lo que indica el creciente interés de los científicos alrededor del mundo por esta área. La biotecnología posee una gran cantidad de tópicos asociados, y cada día se generan nuevos conocimientos que abren nuevas líneas de investigación; de manera que se tendrán temas para investigar por mucho tiempo en el futuro, y es poco probable que decaiga el interés de los investigadores por la biotecnología.
- Algunas áreas de la biotecnología predominan por su alta frecuencia de aparición en las publicaciones internacionales analizadas: Genética (Frecuencia=1984), Proteómica (Frecuencia=1430), Tecnología Enzimática (Frecuencia=1350), y Medicina (Frecuencia=1215). La genética y la proteómica se encuentran estrechamente relacionadas, ya que la proteómica se generó en los últimos años a partir de la genética; estas dos áreas comparten muchas de las técnicas útiles para lograr sus avances, y

la mayoría de sus aplicaciones se encuentran en la medicina. La Tecnología enzimática es importante en la actualidad por su utilidad en la industria, para transformar los procesos productivos en procesos más eficientes, y el uso de enzimas en la síntesis de químicos finos.

- En las publicaciones científicas internacionales relacionadas con la biotecnología se pudieron detectar algunas temáticas con comportamientos crecientes como las siguientes:
 - ✓ En la Genética se encuentra la expresión genética, ácidos nucleicos, marcadores genéticos, y la reacción en cadena de polimerasa.
 - ✓ En la Tecnología enzimática se encuentran las enzimas líticas, isomerasas, biodegradación, y la enantioselectividad.
 - ✓ En la Medicina se encuentran algunas enfermedades como la artritis, el acné, la fibrosis quística, y la epilepsia, además, el uso de la biotecnología en la industria cosmética para solucionar problemas como la calvicie.
 - ✓ En la Microbiología se encuentra la biotransformación, biofilms, y los microorganismos sin cultivar.
 - ✓ Algunas Tecnologías como la nanotecnología, espectrometría de masas, electroforesis, bioinformática, biorreactores, la tecnología de chips de ADN, la técnica del ADN recombinante, la técnica *in vivo*, y la citometría de flujo.
 - ✓ En la Biotecnología vegetal se encuentran las algas, y el algodón.
 - ✓ En la Biotecnología de los alimentos se encuentra el maíz, el arroz y el trigo.
 - ✓ En la Biotecnología industrial se encuentra la biomasa, industria del petróleo, la propiedad industrial, y las alianzas estratégicas.
 - ✓ En la Biotecnología ambiental se encuentra la biodiversidad, aguas residuales, biodegradación, biocombustibles, y ambientes marinos.

- ✓ En la Biotecnología animal se encuentran los insectos, y las esponjas marinas.
- Las publicaciones nacionales reflejaron una clara tendencia hacia los temas asociados a la medicina, bioquímica, genética y biología molecular; así como a la agricultura y las ciencias biológicas. Las principales 10 temáticas encontradas a lo largo de las diferentes áreas generales fueron:
 - ✓ Virología.
 - ✓ HIV.
 - ✓ HPV.
 - ✓ Variación genética.
 - ✓ Reacción en cadena de la polimerasa.
 - ✓ Plantas.
 - ✓ Epidemiología y epidemiología genética.
 - ✓ Proteómica.
 - ✓ Células.
 - ✓ Genética molecular.
- Las colaboraciones entre los autores son importantes para aumentar el número de publicaciones de alto nivel de los investigadores. En la UIS los dos autores con mayor número de publicaciones, son a su vez, los que tenían mayor número de colaboraciones. En la mayoría de los artículos biotecnológicos internacionales se encontraron más de dos autores para la publicación de un mismo artículo, lo que muestra que la asociatividad es clave para aumentar el número de publicaciones científicas de una institución.
- La UIS posee un considerable número de artículos en las siguientes áreas temáticas:
 - ✓ Biotecnología Vegetal (95 publicaciones).

- ✓ Medicina (79 publicaciones).
 - ✓ Genética (46 publicaciones).
 - ✓ Tecnología enzimática (29 publicaciones).
 - ✓ Proteómica (20 publicaciones).
- Las áreas tecnológicas predominantes en el mundo, constituyen una referencia para los países en vías de desarrollo. Los siguientes representan los códigos IPC con el mayor número de familias de patentes encontradas a nivel mundial:
 - ✓ C12Q (8667 familias): Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos.
 - ✓ C12P (7306 familias): Procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico dado o de una composición dada, o para la separación de isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica.
 - ✓ A61K 38/00 (5185 familias): Preparaciones medicinales que contienen péptidos.
 - Se encontraron algunas áreas biotecnológicas que se pueden considerar emergentes por su bajo número de familias de patentes y podrían representar importantes campos de investigación interesantes para el futuro:
 - ✓ C07G 13/00 (14 familias): Compuestos de constitución indeterminada: vitaminas.
 - ✓ C07G 15/00 (6 familias): Compuestos de constitución indeterminada: hormonas.

- Los inventores líderes en patentes biotecnológicas en el mundo forman equipos de investigación para realizar sus patentes, por lo general. A continuación se presentan los investigadores líderes en familias de patentes:
 - ✓ WOOD WILLIAM I (US), GURNEY AUSTIN L (US), GODDARD AUDREY (US), GODOWSKI PAUL J. (US): estos cuatro inventores estadounidenses trabajaron conjuntamente en la mayoría de sus patentes y cuentan con mayor número de familias que cualquier otro inventor de los encontrados en la búsqueda. Sus patentes están relacionadas con los polipéptidos y los anticuerpos, y el titular de sus patentes es la empresa GENENTECH INC.
 - ✓ GOLZ STEFAN (DE), BRUEGGEMEIER ULF (DE), GEERTS ANDREAS (DE): Estos tres inventores alemanes han trabajado en equipo en la mayoría de sus patentes y la gran mayoría están asociadas a la realización de diagnósticos y terapias para enfermedades asociadas a ciertas proteínas.
 - ✓ EBY WILLIAM H. (US): Este inventor estadounidense tiene todas sus patentes relacionadas con variedades de *SOYBEAN CULTIVAR* (clases especiales de la planta de soya).
- Las empresas privadas tienen monopolizado el mercado de las patentes biotecnológicas en el mundo. La única excepción es la Universidad de California en los Estados Unidos. Este caso es una prueba de las posibilidades que tendrían las Instituciones de educación superior de generar productos y procesos biotecnológicos útiles para la industria que produzcan beneficio económico.
- Estados Unidos es el líder mundial en familias de patentes biotecnológicas (18148 familias) con gran ventaja sobre el resto de países. USA posee al menos una patente en todos y cada uno de los códigos IPC relacionados con la biotecnología. Los únicos países que pudieron superar al país

norteamericano fueron Japón y China en cuatro códigos IPC, lo que hace pensar que estos países asiáticos seguirán remontando su rezago frente a Estados Unidos en un futuro.

- Colombia posee seis familias de patentes biotecnológicas y se encuentra en séptimo lugar en la clasificación de los países latinoamericanos con mayor número de familias de patentes. Colombia es superada por Brasil (466 familias), Cuba (64 familias), México (42 familias), Argentina (35 familias), Chile (26 familias) y Uruguay (8 familias). En las investigaciones realizadas para consolidar el Estado del Arte de este proyecto, se encontró una numerosa literatura que hacía referencia a cómo estos países latinoamericanos que son los líderes actualmente, vienen trabajando desde hace varios años en redes de conocimiento e incentivos para la investigación en biotecnología que les permiten articular sus recursos. Las patentes colombianas hacen referencia a las siguientes áreas biotecnológicas:
 - ✓ A01H 4/00: Reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos.
 - ✓ A61K 39/00: Preparaciones medicinales que contienen antígenos o anticuerpos.
 - ✓ C12N: Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen.
 - ✓ C12Q: Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos.
 - ✓ C12S: Procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para liberar, separar o purificar un compuesto o una composición preexistentes; procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para tratar textiles o para limpiar superficies de materiales sólidos.

- Es de admirar lo que ha logrado Brasil en el área de la biotecnología: Es el único país latinoamericano en la lista de los países con más de 100 publicaciones con 180 artículos científicos, y posee 466 familias de patentes en códigos IPC relacionados con la biotecnología, superando ampliamente a cualquier otro país latinoamericano. Brasil le ha apostado al desarrollo de la biotecnología, y desde hace varios años, gobiernos sucesivos vienen promocionando el área a través de programas de apoyo, como el Programa de Biotecnología y Recursos Energéticos, y Fundaciones de Apoyo a la Investigación que colaboran en la obtención de avances científicos. Brasil primero detectó cuáles eran sus mayores potencialidades biotecnológicas y luego invirtió recursos para su desarrollo. Este modelo de desarrollo podría constituir un referente para Colombia que posee una biodiversidad y recursos naturales similares.
- El análisis estructural dio como resultado cinco variables estratégicas para la toma de decisiones que promuevan desarrollos biotecnológicos: Gestión del talento humano, Transferencia de tecnología, Capacidad científica y tecnológica, Disponibilidad de recursos, y Empresas de base biotecnológica. Todas estas variables son de carácter interno, permitiendo a la UIS un mayor control de su futuro a través del planteamiento de tácticas pertinentes para el desarrollo en materia de ciencia y tecnología.
- En años recientes se viene observando una mayor conciencia por parte de los investigadores y de las empresas para la realización de colaboraciones conjuntas con vistas al desarrollo tecnológico. Las empresas de base tecnológica constituyen una variable esencial en la planeación estratégica para el área de la biotecnología, pues representan una inmensa oportunidad para contribuir al fortalecimiento del saber científico y su transformación, en productos y servicios con valor económico.

13. RECOMENDACIONES

- La Universidad Industrial de Santander podría conformar un centro especializado en prospectiva y vigilancia tecnológica, que permita la creación y actualización de bases de datos propias de la universidad. Estas bases de datos deben estar bien estructuradas, con el fin de enfocar los recursos de investigación hacia temas de relevancia nacional e internacional.
- INNOTECH necesita un *software* más adecuado para realizar el análisis de patentes. En este proyecto se utilizó *MATHEO PATENT®*, y este programa no está diseñado para la descarga y procesamiento de grandes cantidades de patentes, por lo que se demora demasiado y requiere un computador con una gran capacidad en memoria RAM y en disco duro. Además se debe disponer de un ancho de banda muy amplio.
- La Vicerrectoría de Investigación y Extensión de la UIS necesita realizar mayores esfuerzos con el propósito de concienciar a la comunidad científica de la UIS sobre importancia de su mayor vinculación a los ejercicios de vigilancia y prospectiva tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

Acovez - Asociación Colombiana de Médicos Veterinarios y Zootecnistas. Entrevista al Dr. Libardo Mojica Gerente General del Grupo LIMOR de Colombia. ¿Qué hace LIMOR BIOTECNOLOGÍA? [en línea]. [Citado en 10 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.acovez.org/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=15>.

Agro-Bio. Nuevos centros de investigación biotecnológica en India. Agro-Bio [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.agrobio.org/index.php?id=7175&option=com_content&task=view>.

ALDECOA BEDOYA, Franklin y BATTILANA GUANILO, Carlos. Genómica y proteómica: Un paso más. Acta Médica Peruana [en línea]. Vol. 23 No. 3. (2006). [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172006000300011&lng=pt&nrm=is>. ISSN 1728-5917.

Alejandro Gaviria. Nubia Muñoz [en línea]. [Sitio en Internet] EL ESPECTADOR. [Citada en marzo 16 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.elespectador.com/articulo96724-nubia-munoz>>.

ALNICOLSA. Las Algas - ALGAS: USOS Y BIOTECNOLOGÍA. ALNICOLSA PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://taninos.tripod.com/algas.htm#usosalgas>>.

ArgenBio-Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. Biorremediación. Por Qué Biotecnología [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www2.ceride.gov.ar/wwwisis/publica/biorremediacion.htm>>.

-----, El Cuaderno de Por qué Biotecnología nº 66 [en línea]. Aplicación de la Biotecnología moderna al mejoramiento de los aceites. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/ec_66.asp?cuaderno=66>

-----, Arabidopsis thaliana. ArgenBio [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.argenbio.org/h/lineat/2000.php>>.

BAQUERO HAEBERLIN, Irma...et al. Informe de vigilancia tecnológica: BIOINSUMOS. Bogotá D.C.: Diciembre de 2007. 145 p. ISBN 978-958-8290-28-7. p. 69.

BENNET, John W. Mycotechnology: the role of fungi in biotechnology. Journal of Biotechnology [en línea]. 1998, vol. 66, no. 2 [Citado en 11 de febrero de 2009], pp. 101-107. Disponible en: <<http://www.ingentaconnect.com/content/els/01681656/1998/00000066/00000002/art00133>>.

BERGLUND, Per. Hydrolases in Organic Synthesis: Regio- and Stereoselective Biotransformations. ChemBioChem [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.chemie.uni-greifswald.de/~biotech/assets/downloads/2006_CBC_2nded_review.pdf>.

BEYRET, P. Futuro uso de virus en nano y biotecnología. Biotecnología [en línea]. 2008 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biotecnologica.com/futuro-uso-de-virus-en-nano-y-biotecnologia/>>.

Biblioteca Digital ILCE. Biomateriales [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec_14.ht>.

BioBasics. The Role of Biotechnology in Somatic Embryogenesis. Somatic Embryogenesis [en línea]. [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biobasics.gc.ca/english/View.asp?x=799>>.

Bioimpact Biotechnology for patients [en línea]. Biotechnology for cancer. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <www.france-biotech.org/load.asp?ID_DOC=1366>.

Biology online. Environmental exposure [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.biology-online.org/dictionary/Environmental_exposure>.

Bio-scope. DNA technology. BIO-SCOPE.COM-BIOTECHNOLOGY, BIOTECHNIQUES & TECHNOLOGY GUIDE [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio-scope.com/dna-technology.htm>>.

BIOTECH100. Growth Factor. Biotechnology Encyclopedia [en línea]. [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.pipelinedrugs.com/biotechnology_encyclopedia/growth_factor.htm>.

Biotechnology and Enzyme Catalysis. Introduction to Enzyme Technology. Biotechnology and Enzyme Catalysis [en línea]. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.chemie.uni-greifswald.de/~biotech/assets/downloads/3527304975_c01.pdf>.

Biotechnology Australia. Stem cells [en línea]. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en:

<<http://www.biotechnology.gov.au/index.cfm?event=object.showContent&objectID=D3308184-BCD6-81AC-116581F40B213F3C>>.

Biotechnology Industry Organization (BIO). Biotechnology Industry Facts. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

-----, Ethics. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

-----, Time Line. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

-----, What Is Biotechnology? Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

-----, Food Biotechnology. Science for Life [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/food.asp>>.

-----, Intellectual Property. Science for Life [en línea]. [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/ip/>>.

BIOTECHSUR. Anexo 1. Definición de patentes en biotecnología de la OCDE. Documento Nro. 5: Catálogo de Patentes sobre Biotecnología en el Mercosur [en línea]. 2007 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.bioteconsur.org/biblioteca-de-informes/inventario-y-diagnostico/5_Patentes_es.pdf>.

BOTA ARQUÉ, Alexandre. El impacto de la biotecnología en América Latina. Espacios de participación social. Acta Bioethica [en línea]. Vol. 9, No. 1. (2003). [Citado en 29 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.scielo.cl/pdf/abioeth/v9n1/art03.pdf>>. ISSN 1726-569X.

BRANDSMA L., Janet. The Cotton Nail Rabbit Papillomavirus Model Of High Risk HPV- Induced Disease. Capítulo editado por Davy C., Doorbar J., e incluido en Methods in molecular medicine, Vol. 119: Human Papillomaviruses: Methods and Protocols. Totowa, NJ: Humana Press, 2006.P. 217.

BRAUN, Richard y AMMANN, Klaus. BIODIVERSITY: THE IMPACT OF BIOTECHNOLOGY. Encyclopedia of Life Support Systems. [en línea]. 2002 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.botanischergarten.ch/EFB/UNESCO-Biodiv-Biotech-Final.pdf>>.

Britannica Concise Encyclopedia. Sequencing. [en línea] [Citado en marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/Sequencing>>.

British American Tobacco. Tobacco Biotechnology. Research & Development at British American Tobacco [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.bat-science.com/groupms/sites/BAT_7AWFH3.nsf/vwPagesWebLive/DO7LTLWC?opendocument&SKN=1>.

CASTELLANOS DOMÍNGUEZ, Óscar Fernando; JIMÉNEZ HERNÁNDEZ, Claudia Nelcy y MONTAÑEZ FRANCO, Víctor Mauricio. Antecedentes y evolución de la biotecnología en Colombia. Generación de política pública en biotecnología a partir de un modelo de inteligencia tecnológica [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa1/m01p18.pdf>>.

Center for control disease and prevention. STD Facts - Human Papillomavirus (HPV)" [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.cdc.gov/std/HPV/STDFact-HPV.htm>>.

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la Biotecnología en la Industria [en línea]. 2003 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.cprac.org/pdf/estudis/generals/BiotecnologiaCAST.pdf>>.

CHAUDRY, Arshad. The Science Creative Quarterly: Cell Culture [en línea]. 2004, Número 9. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.scq.ubc.ca/cell-culture/>>.

CHUAIRE, Lilian... et al. Clonación animal: avances y perspectivas. Colombia Médica [en línea]. Vol. 35 No. 2. (2004). [Citado en 3 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://colombiamedica.univalle.edu.co/Vol35No2/cm35n2a8.htm>>. ISSN 1657-9534.

Círculo de Innovación en Biotecnología – CIBT. PROPIEDAD INDUSTRIAL DE LAS EMPRESAS ESPAÑOLAS EN EL ÁMBITO DE LA BIOTECNOLOGÍA (2006). Informe de Vigilancia Tecnológica. madri+d [en línea]. [Citado en 8 de octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/informacionIdi/analisis/opinion/default.asp?id=35361>>.

Clarín. Para combatir plagas y enfermedades, modifican insectos genéticamente. BIOTECNOLOGÍA - Clarin.com [en línea]. 2004 [Citado en 14 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.clarin.com/diario/2004/02/26/t-714464.htm>>.

CNRS. About CNRS [en línea]. [Citado en 25 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www2.cnrs.fr/en/8.htm>>.

Columbia Electronic Encyclopedia, published by Columbia University Press. Virology [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/virology>>.

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS. PRESENTACIÓN [en línea]. [Citado en 18 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.csic.es/quien_somos.do>.

COTEC. VIGILANCIA TECNOLÓGICA - DOCUMENTOS COTEC SOBRE OPORTUNIDADES TECNOLÓGICAS [en línea]. 1999 [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.colciencias.gov.co/portacol/downloads/archivosContenido/92.pdf>>.

CRUZ MORENO, Juan Carlos. Programa para la asignatura prospectiva estratégica [en línea]. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://pensarelfuturo.files.wordpress.com/2008/02/prospectiva-estrategica.pdf>>.

Cultek. Introducción a los cultivos celulares [en línea]. [Citado en 29 de enero de 2009]. Disponible en: <http://www.cultek.com/inf/otros/soluciones/Soluciones-Cultivos_celulares-Introduccion.pdf>.

DEACON, Jim. The Microbial World: Biology and Control of Crown Gall (*Agrobacterium tumefaciens*) [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biology.ed.ac.uk/research/groups/jdeacon/microbes/crown.htm>>.

DEYNZE, Allen Van; BRADFORD, Kent J. y EENENNAAM, Alison Van. Crop Biotechnology: Feeds for Livestock. Publication 8145 – University of California [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.plantsciences.ucdavis.edu/bradford/8145.pdf>>.

Diario de Cádiz [en línea]. El Nobel premia el hallazgo de la proteína verde fluorescente. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.diariodecadiz.es/article/sociedad/249723/nobel/premia/hallazgo/la/proteina/verde/fluorescente.html>>.

DÍAZ CAMINO, Claudia. Biotecnología y Medio Ambiente. Council for Biotechnology Information [en línea]. [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.whyybiotech.com/mexico.asp?id=3640>>.

EDMONDS, J. A., et al. Biotechnology and Biomass- A CORE ELEMENT OF A GLOBAL ENERGY TECHNOLOGY STRATEGY TO ADDRESS CLIMATE CHANGE [en línea]. 2007 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.pnl.gov/gtsp/docs/getspbio.pdf>>.

Encyclopedia Britannica. Pathology: Papillomavirus [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/442118/papillomavirus>>.

Enzyme Essentials [en línea]. Protease. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.enzymeessentials.com/HTML/protease.html>>.

FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Declaración de la FAO sobre Biotecnología. La Biotecnología en la Agricultura y la Alimentación [en línea]. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp?lang=es>>.

------. Biotechnology in Food and Agriculture. [en línea]. [Citado en 29 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/stat.asp>>.

------. Ganadería Biotecnología, producción ganadera y sanidad animal. LA BIOTECNOLOGÍA EN LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA [en línea]. 2007 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.fao.org/biotech/sector3.asp?lang=es>>.

FERNÁNDEZ, Lucía y CLARK, Modet. Transferencia de Tecnología: Puntos clave para garantizar un proceso eficiente. Revista Dinero [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.dinero.com/wf_InfoArticulo.aspx?IdArt=44199>.

FERREIRA'S, Gisela. Fed-Batch Fermentations - Some examples of fed-batch use in Industry. Gisela Ferreira's Home Page [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://userpages.umbc.edu/~gferre1/fedbatch.html>>.

FUNDACIÓN OPTI. Impacto de la Biotecnología en los Sectores Industrial y Energético. [en línea]. [Citado en 6 de Octubre de 2008]. Disponible en: <http://www.opti.org/pdfs/resumen_biotecnologia.pdf>.

GAVIRIA, Alejandro. Nubia Muñoz [en línea]. [Sitio en Internet] EL ESPECTADOR. [Citado en marzo 16 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.elespectador.com/articulo96724-nubia-munoz>>.

GEERLOF, Arie, et al. The impact of protein characterization in structural Proteomics. Acta crystallographica. Section D, Biological crystallography [en línea], Octubre 2006. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17001090>>.

GENENCOR. Dow Corning and Genencor Form a Strategic Alliance to Develop Silicon Biotechnology to Create Unique Materials. Media Relations [en línea]. 2001 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.genencor.com/cms/connect/genencor/media_relations/news/archive/2001/gen_221001_en.htm>.

Genetics Home Reference. What is gene therapy? [en línea]. [Citado en 28 de enero de 2009]. Disponible en: <<http://ghr.nlm.nih.gov/handbook/therapy/genetherapy>>.

GENOMA ESPAÑA. Genoma y medicina. Noviembre de 2004.p.48.

GODET, Michel. El análisis estructural. LA CAJA DE HERRAMIENTAS DE LA PROSPECTIVA ESTRATÉGICA [en línea]. P. 63. [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.cnam.fr/lipsor/spa/data/bo-lips-esp.pdf>>.

GONZÁLEZ, Alicia y VALENZUELA, Lourdes. Saccharomyces cerevisiae. Revista Latinoamericana de Microbiología [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.microbiologia.org.mx/microbiosenlinea/CAPITULO_20/Capitulo20.pdf>.

HOFFMAN, Robert M. The hair follicle as a gene therapy target. Nature Biotechnology [en línea]. 2000, [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.nature.com/nbt/journal/v18/n1/full/nbt0100_20.html>.

Infoagro. APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA EN LA AGRICULTURA. InfoAgro [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.htm>.

INRA. El instituto. El INRA a grandes rasgos [en línea]. [Citado en 25 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.international.inra.fr/es/el_instituto/el_inra_a_grandes_rasgos>.

Institute of Science in Society. The 'Golden Rice' - An Exercise in How Not to Do Science. Institute of Science in Society-science society sustainability [en línea]. [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.i-sis.org.uk/rice.php>>.

Instituto de Prospectiva estratégica. Concepto de prospectiva [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.prospecti.es/prospect/concepto.htm>>.

Instituto para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas”- COLCIENCIAS. La biotecnología: sector estratégico para la Colombia del 2015. Centro Virtual de Noticias [en línea]. [Citado en 29 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-161751.html>>.

------. Base de datos Plataforma Scienti. [Plataforma en línea]. [Consultado Septiembre de 2008]. Disponible en <<http://scienti.colciencias.gov.co:8081/ciencia.war/;jsessionid=87AACDD6FB37BBFE44A4BB6B858C6C49>>

------. La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015: Contexto internacional de la biotecnología. Bogotá: Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas” COLCIENCIAS, 2008. p. 42 – 45, p. 174-186 y p. 189-190.

Iowa State University. Environmental Science: What is Environmental Science? [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.ensci.iastate.edu/>>.

ISI WEB OF KNOWLEDGE [Base de datos en línea]. Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&SID=3AHj762MdL3AgD%40HF9p&search_mode=GeneralSearch>. [Consultada en octubre y noviembre de 2008].

SMYTH, M. S. y MARTIN, J H J. x Ray crystallography. Journal of Clinical Pathology [en línea]. 2000, vol. 53, no. 1 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 8-14. Disponible en: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1186895>>.

JAEGER, Karl-Erich y EGGERT, Thorsten. Lipases for biotechnology. Current Opinion in Biotechnology [en línea]. Agosto 2002. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VRV-46T3RTW-D&_user=2620291&_coverDate=08%2F01%2F2002&_rdoc=1&_fmt=full&_orig=search&_cdi=6244&_sort=d&_docanchor=&view=c&_acct=C000058185&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2620291&md5=67f1f0c9f223f5cb8d0ee4165253a2aa#toc3>.

JHALA, M. K., et al. Role of Bioinformatics in Biotechnology. Journal of Biotechnology [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://openmed.nic.in/1383/01/Role_of_Bioinformatics_in_Biotechnology.pdf>.

Kimball's Biology Pages [en línea]. Transgenic Plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://users.rcn.com/jkimball.ma.ultranet/BiologyPages/T/TransgenicPlants.html>>.

LaboSalud: Droguería [en línea]. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.labosalud.com/salud-belleza/L-Lysine-500.asp>>.

La Capital. Bacillus subtilis, la elegida. La Capital.com.ar [en línea]. 2008, [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.lacapital.com.ar/contenidos/2008/06/04/noticia_5231.html>.

LAGU, Avinash L. Applications of capillary electrophoresis in biotechnology. Wiley InterScience: Journals [en línea]. 1999, vol. 20, no. 15-16 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 3145-3155. Disponible en: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/66004856/abstract>>.

LASTRA, Raquel. Caenorhabditis elegans: un gusano modelo. BIOMEDIA [en línea]. 2003 [Citado en 15 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.biomed.net/biomed/d02030103.htm>>.

LESNEY, M. S.: Monoclonal en masse Mod Drug Discovery, 2003.6: p.53.

Limor de Colombia Ltda. Quiénes somos. Limor de Colombia [en línea]. [Citado en 10 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.limorcolombia.com/quienesomos.html>>.

MADRI+D. Vigilancia tecnológica [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.madrimasd.org/vigTecnologica/>>.

MALLON, Shane. DNA Vaccines: Treatment Options for Autoimmune Diseases. Basic Biotechnology eJournal [en línea]. 2008, vol. 4, no. 1 [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://ejournal.vudat.msu.edu/index.php/mmg445/article/viewArticle/277>>.

MALOY, Stanley y SCHAECHTER, Moselio. La era de la microbiología: un Fénix de oro. INT. MICROBIOL. [en línea]. 2006, vol. 9, no. 1 [citado en 25 de marzo de 2009], pp. 01-07. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1139-67092006000100001&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1139-6709.

MARTÍN PEREDA, J.A. 1.2.- ¿QUÉ ES LA PROSPECTIVA? PROSPECTIVA TECNOLÓGICA: UNA INTRODUCCIÓN A SU METODOLOGÍA Y A SU APLICACIÓN EN DISTINTOS PAÍSESI [en línea]. p. 6 [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.oei.es/salactsi/prospectiva.pdf>>.

MAY, Sheldon W. y PADGETTE, Stephen R. Nature Biotechnology [en línea]. Oxidoreductase Enzymes in Biotechnology: Current Status and Future Potential. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nature.com/nbt/journal/v1/n8/abs/nbt1083-677.html>>.

MCGINLEY, Marck. The encyclopedia of earth: Genetic variation [en línea]. 2008. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.eoearth.org/article/Genetic_variation>.

MCKAY, Patrick. An Introduction to Chromatography. Access Excellence [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.accessexcellence.org/LC/SS/chromatography_background.php>.

MCKELVEY, Maureen y BOHLIN, Erik. Conditions for innovation in biotechnology and telecommunications. Innovation: Management, Policy & Practice [en línea]. 2009 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.innovation->

enterprise.com/archives/vol/7/issue/1/article/1362/conditions-for-innovation-in-biotechnology-and>. ISSN 1447-9338.

MedicineNet.com [en línea]. Definition of Gene expression. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=3564>>.

Ministerio de Educación Nacional. Base de datos del Sistema Nacional de Información de la Educación Nacional SNIES. [Base de datos en línea]. [Consultada en Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

MOJICA, Francisco José. La construcción del futuro. Convenio Andrés Bello. Universidad Externado de Colombia. P.198.

------. La prospectiva: Técnicas para visualizar el Futuro. Capitulo 4, pág. 36.

MONSANTO. Home [en línea]. [Citado en 24 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.monsanto.com/default.asp>>.

MORENO, Pedro A. Genómica y Proteómica. D. [en línea]. [Citado en 26 de enero de 2009]. Disponible en: <http://eisc.univalle.edu.co/materias/FundamentosBioinformatica/material/C11_Proteomica.pdf>.

NURP. ArgenBio. Marine biotechnology: A NURP Priority. NOAA'S Undersea Research Program [en línea]. 2005 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nurp.noaa.gov/Biotech.htm>>.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. OECD PATENT DATABASES IDENTIFYING TECHNOLOGY AREAS FOR PATENTS [en línea]. [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/34/34/40807441.pdf>>.

------. Patents in biotechnology. COMPENDIUM OF PATENT STATISTICS [en línea]. 2008 [Citado en 17 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/5/19/37569377.pdf>>.

OIRVE, Gorka, et al. Drug delivery in biotechnology: present and future. Current Opinion in Biotechnology. [en línea]. 2003, vol. 14, no. 6 [Citado en 05 de febrero de 2009], pp. 659-664. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VVRV-4B4P78N-9&_user=2620291&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000058185&_version=1&_urlVersion=0&_userid=2620291&md5=fe8bd69fd63956c71d0f13f637cdcfd6>.

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). ¿Qué se entiende por fecha de prioridad? La OMPI [en línea]. 2008 [Citado en 04 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.wipo.int/sme/es/faq/pat_faqs_q9.htmlpdf>.

Organización Mundial Para La Salud Animal. Foot and Mouth disease [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://www.oie.int/eng/maladies/fiches/A_A010.HTM>.

PHILLIPS, Teresa. PCR. About.com: Biotech/Biomedical [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://biotech.about.com/od/glossary/g/PCRdef.htm>>.

-----, Nanoparticles Used in Biotechnology. About.com: Biotech/Biomedical [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://biotech.about.com/od/nanotechnology/a/typesnanopart.htm>>.

Presidencia de la República de Colombia. Biotecnología. Competitividad y desarrollo. [en línea]. 2002 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.presidencia.gov.co/planacio/cap2/cap6.htm>>.

PRIYANKA, K. y SOUJANYA, K. BIOSENSORS- The fastest growing sector in biotechnology. Letzknow! [en línea]. [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://letzknow.com/abstractdetail.aspx?id=562>>.

Prospectiva.eu. MIC MAC. Análisis Estructural [en línea]. [Citado en 26 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.prospectiva.eu/curso-prospectiva/programas_prospectiva/micmac>.

PRWeb. Long-Term Investments Remain Critical to Biotechnology Industry Growth, According to a New Report by Global Industry Analysts. PRWEB PRESS RELEASE NEWSWIRE. (11 de Sept., 2008) [en línea]. [Citado en 25 de Septiembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.prweb.com/releases/2008/9/prweb1313974.htm>>

RAMÍREZ, Daniel; ARIAS OSORIO, Javier y VIRVIESCAS, Leonardo. Introducción a la estadística. Escuela de estudios industriales y empresariales. Universidad industrial de Santander. 2008. P.30.

REEVES, J. D. and DOMS, R. W (2002). Human Immunodeficiency Virus Type 2 [en línea]. J. Gen. Virol. 83 (Pt 6): 1253–65. [PubMed - indexed for MEDLINE: 12029140]. [Citado en abril de 2009].

REGENCY. La Biotecnología. Regency Foundation Network [en línea]. [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.regency.org/suspdf/sp/ch12.pdf>>.

Rensselaer Polytechnic Institute. Fed Batch Systems [en línea]. [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/FERMENT/fedbat.htm>>.

REVISTA CAMBIO. Los micos de Patarroyo [en línea]. Cambio [en línea]. [Citada en 16 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.cambio.com.co/portadacambio/751/ARTICULO-WEB-NOTA_INTERIOR_CAMBIO-3825952.html>.

RIESEBERG, Marco, et al. Flow cytometry in biotechnology. Applied Microbiology and Biotechnology [en línea]. 2001, no. 56 [Citado en 09 de febrero de 2009], pp. 350-360. Disponible en: <<http://www.springerlink.com/content/u3pd5wjxdhldyurb/fulltext.pdf>>. ISSN 0175-7598.

SÁNCHEZ GONZALO, Laura. EL SECTOR DE LA BIOTECNOLOGÍA EN BRASIL. 2.- RESUMEN Y CONCLUSIONES SOBRE EL SECTOR. 2006. Promomadrid/CEIM [en línea]. [Citado en 17 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.promomadrid.com/tie/files/documents/em_biotechnologia_brasil.pdf>.

SANSINENEA ROYANO, Estibaliz. Bacillus thuringiensis: Una alternativa biotecnológica a los insecticidas. Aleph Zero 29 [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az29/stebaliz.html>>.

SCHALLEY, Christoph A. The Expanding Role of Mass Spectrometry in Biotechnology. Journal of the American Society for Mass Spectrometry [review en línea]. 2004, no. 15 [Citado en 09 de febrero de 2009], pp. 625. Disponible en: <http://masspec.scripps.edu/publications/news_art/16_JASMS.pdf>.

ScienceDaily [en línea]. Transgenic plants. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.sciencedaily.com/articles/t/transgenic_plants.htm>.

Science Encyclopedia [en línea]. Lactic Acid - Uses of Lactic Acid. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://science.jrank.org/pages/3782/Lactic-Acid-Uses-lactic-acid.html>>.

-----, RNA Function [en línea]. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://science.jrank.org/pages/5892/RNA-Function.html>>.

Scitable Beta [en línea]. Genetics. RNA Functions. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.nature.com/scitable/topicpage/RNA-Functions-352>>.

Sci-Tech Dictionary. McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms, 6th edition, published by The McGraw-Hill Companies, Inc [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/topic/rhabdoviridae>>.

Sci-Tech Encyclopedia. McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 5th edition, published by The McGraw-Hill Companies, Inc. [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.answers.com/chemical%20engineering>>.

SCOPUS. [Base de datos en línea]. [Consultada en Marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.scopus.com/scopus/source/eval.url>>.

SINGH D., Robinson y NIGAM., P. Fermentación en estado sólido: Una tecnología microbiana promisorio para la producción de metabolitos secundarios / Fermentation in solid state: A promissory microbial technology for the production of secondary metabolites. Pesquisa em bases de datos [en línea]. 2002 [Citado en 16 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=353599&indexSearch=ID>>

SMYTH, M. S. y MARTIN, J H J. x Ray crystallography. Journal of Clinical Pathology [en línea]. 2000, vol. 53, no. 1 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 8-14. Disponible en: <<http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1186895>>.

SNABE, Torben y PETERSEN, Steffen Björn. Application of infrared spectroscopy (attenuated total reflection) for monitoring enzymatic activity on substrate films. Journal of Biotechnology [en línea]. 2002, vol. 95, no. 2 [Citado en 10 de febrero de 2009], pp. 144-155. Disponible en: <<http://www3.interscience.wiley.com/journal/66004856/abstract>>.

SOBERON-CHAVEZ, Gloria, et al. Regulación genética de Pseudomonas aeruginosa: Un enfoque básico con posibles aplicaciones en biotecnología y salud [en línea]. [Citado en 06 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.smb.org.mx/XXVIIICONGRESO/Text/Magistrales/G_Soberon.pdf>.

Solo Ciencia [en línea]. Genómica funcional. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.solociencia.com/biologia/bioinformatica-genomica-funcional.htm>>.

------. Mecanismo arcaico de defensa puede revelar una vulnerabilidad potencial en el virus HIV-1 [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.solociencia.com/medicina/05062706.htm>>.

SPRINGER. Biotechnology. SPRINGER [en línea]. [Citado en 13 de noviembre de 2008]. Disponible en: <<http://www.springer.com/chemistry/biotech/journal/253>>.

St. Edwards University [en línea]. Glycoproteins. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.cs.stedwards.edu/chem/Chemistry/CHEM43/CHEM43/Glycoproteins/Glycoproteins.HTML>>.

TECNOCENCIA. 4. Plantas Transgénicas. [en línea]. Diciembre de 2003 [Citado en 3 de Octubre de 2008]. Disponible en: <<http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/4.htm>>.

Temas de Bioquímica para estudiantes de ciencias biomédicas [en línea]. Las Quinasas o Kinasas. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://temasdebioquimica.wordpress.com/2008/07/13/las-quinasas-o-kinasas/>>.

Tendencia 21. El 70% de la investigación biotecnológica española está centrada en la salud [en línea]. [Citado en 17 de marzo de 2009]. Disponible en: <http://www.tendencias21.net/El-70-de-la-investigacion-biotecnologica-espanola-esta-centrada-en-la-salud_a1065.html>.

TODAR, Kenneth. E. coli Infections - Biotechnological Applications of E. coli. The Microbial World [en línea]. 2005 [Citado en 10 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://bioinfo.bact.wisc.edu/themicrobialworld/E.coli.html>>.

Universidad Industrial de Santander. Plan de Desarrollo Institucional 2008-2018: Aspectos estratégicos. Bucaramanga. 2008. P.37.

United Nations Conference on Trade and Development (2002). Key issues in biotechnology. UNCTAD/ITEB-/TEB/10. United Nations, New York and Geneva.

University of California - Museum of Paleontology. Understanding evolution: Genetic variation [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/4_0_0/evo_17>.

University of Illinois at Urbana-Champaign, [en línea]. Cytochrome oxidase. [Citado en 03 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.life.uiuc.edu/crofts/bioph354/cyt_ox.html>.

University of Kentucky. Tobacco Biotechnology. Kentucky Tobacco Research & Development Center [en línea]. 2002 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.uky.edu/KTRDC/biotech.html>>.

University of Pennsylvania. Nanotechnology Meets Biotechnology: Science Fiction or Reality? Executive Master's in Technology Management – Online Newsletter [en línea]. [Citado en 09 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.seas.upenn.edu/profprog/emtm/insite-spring2006/feature-nanotechbiotech.html>>.

University Of South Carolina, School Of Medicine. Microbiology and Immunology [en línea]. [Citado en 25 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://pathmicro.med.sc.edu/book/immunol-sta.htm>>.

USDA-United States Department of Agriculture. Biotechnology – Animal Biotechnology [en línea]. 2007 [Citado en 13 de febrero de 2009]. Disponible en: <http://www.csrees.usda.gov/nea/biotech/in_focus/biotechnology_if_animal.html>.

----- Natural resources conservation center [en línea]. [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://plants.usda.gov>>.

VAN BEUZEKOM, Brigitte y ARUNDEL, Anthony. OECD BIOTECHNOLOGY STATISTICS – 2006 [en línea]. Organization for economic co-operation and development (OECD). 2006. p. 7 [Citado en abril de 2009]. Disponible en: <<http://www.oecd.org/dataoecd/51/59/36760212.pdf>>.

VAN PEMELEN, Luciana y RAMÍREZ, Estefanía. Biotecnología en la medicina [en línea]. [Citado en 05 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2005/CORDOBA/851/biotechnolog%C3%ADa%20en%20la%20medicina/biotechnolog%C3%ADa%20en%20la%20medicina.htm>>.

VINES, Randy. Plant Biotechnology. Virginia Cooperative Extension [en línea]. 2002, no. 443 [Citado en 12 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.ext.vt.edu/pubs/biotech/443-002/443-002.html>>.

WARUDE, Dnyaneshwar; JOSHI, Kalpana y HARSULKAR, Abhay. Polyunsaturated fatty acids: Biotechnology. Critical reviews in biotechnology [en línea]. 2006, vol. 6, no. 2 [Citado en 04 de febrero de 2009], pp. 83-93. Disponible en: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=17881482>>. ISSN 0738-8551.

Web-books [en línea]. Molecular biology. Gene transcription. [Citado en 02 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.web-books.com/MoBio/Free/Ch4A.htm>>.

Wikipedia The Free Encyclopedia. [en línea]. Polymerase. [Citado en 04 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Polymerase>>.

WILEY-VCH. Biopolymers in 10 volumes [en línea]. [Citado en 18 de noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.wiley-vch.de/books/biopoly/ser_editors_01.html>.

WIPO - World Intellectual Property Organization. Glossary. Patent Families. PATENTSCOPE® [en línea]. [Citado en 27 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://www.wipo.int/pctdb/en/glossary.jsp#p>>.

ANEXOS

Anexo 1. Línea del tiempo de la Biotecnología²³⁶ (Continúa en la página siguiente)

8000 a.C.
- Los humanos cultivan plantas y crían ganado. - Las papas son cultivadas por primera vez para el consumo.
4000 – 2000 a.C.
- La biotecnología es usada para leudar el pan y fermentar cerveza con levadura. - Comienza la producción del queso y la fermentación del vino (Sumeria, China y Egipto). - Los babilonios controlan el cultivo de palma datilera por medio de la polinización selectiva de árboles hembra con polen de ciertos árboles machos.
500 a.C.
Se usa el primer antibiótico: cuajos de granos de soya mohosos para tratar furúnculos (China).
100 d.C.
Crisantemos en polvo se convierten en el primer insecticida (China).
1322 d.C.
Un jeque árabe hace el primer uso de la inseminación artificial para producir caballos superiores.
1590 – 1608 d.C.
El primer microscopio es inventado en Holanda.
1663 d.C.
El inglés Robert Hook descubre la existencia de la célula.
1675 d.C.
El científico holandés Antonie van Leeuwenhoek descubre las bacterias.
1761 d.C.
El botánico alemán Joseph Koelreuter reporta el cruce exitoso de plantas de diferentes especies.
1797 d.C.
El cirujano inglés Edward Jenner es el pionero de la vacunación, por medio de la inoculación de un niño con una vacuna viral para protegerlo de la viruela.
1830–1833 d.C.
1830 – Se descubren las proteínas 1833 – Se descubren y aíslan las primeras enzimas.
1835–1855 d.C.
Los científicos alemanes Mathias Schleiden y Theodor Schwann proponen que todos los organismos están compuestos de células y el patólogo alemán Rudolf Virchow declara que “Todas la células provienen de otra célula”.
1857 d.C.
El microbiólogo y químico francés Louis Pasteur propone que los microbios causan la fermentación.
1859 d.C.
El naturalista inglés Charles Darwin publica la teoría de la evolución por la selección natural. El concepto de la selección cuidadosa de los padres y de la variable en la progenie tiene una fuerte influencia en los criadores de plantas y animales en los últimos años del siglo XIX, a pesar de su ignorancia de la genética.

²³⁶ Biotechnology Industry Organization (BIO). Time Line. Guide to Biotechnology 2008 [en línea]. 2008 [Citado en 27 de marzo de 2009]. Disponible en: <<http://www.bio.org/speeches/pubs/er/BiotechGuide2008.pdf>>.

Anexo 1 (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

1865 d.C.
Comienza la ciencia de la genética: El monje austriaco Gregor Mendel estudia los guisantes de jardín y descubre que las características genéticas son pasadas de los padres a la descendencia de una manera predecible (Las leyes de la herencia). Los descubrimientos de este monje fueron ignorados durante los primeros años del siglo XX.
1870 – 1890 d.C.
- Usando la teoría de Darwin, los cultivadores de plantas cruzan el algodón, desarrollando cientos de variedades con cualidades superiores. - Los granjeros añaden bacterias fijadoras de nitrógeno por primera vez a los campos para mejorar su rendimiento. - El botánico americano William James Beal produce el primer híbrido de maíz experimental en el laboratorio. Beal también comenzó el estudio de la viabilidad de las semillas. 1877—Una técnica para marcar e identificar las bacterias es desarrollada por el físico y bacteriólogo alemán Robert Koch. 1878—La primera centrifugadora es desarrollada por el ingeniero e inventor Gustaf de Laval. 1879—Walther Flemming, físico y uno de los fundadores del estudio de la citogenética, descubre la cromatina, que son las estructuras en forma de rodillo en el interior del núcleo de la célula que después serían llamados cromosomas.
1897 d.C.
El bioquímico alemán Eduard Buchner descubre que proteínas especializadas (enzimas) son las responsables de convertir el azúcar en alcohol.
1900 d.C.
- Las moscas de la fruta (<i>Drosophila melanogaster</i>) son utilizadas en los primeros estudios de los genes. Estas moscas continúan siendo un importante organismo modelo hoy en día. - El agrónomo e inventor norteamericano George Washington Carver busca nuevos usos industriales para los productos de la agricultura, tales como los manís y los granos de soya.
1902 d.C.
Hace su primera aparición el término “inmunología”.
1906 d.C.
Se introduce el término “genética”.
1911 d.C.
El patólogo americano Peyton Rous descubre el primer cáncer causado por un virus.
1914 d.C.
Las bacterias son usadas para tratar aguas residuales por primera vez. (Manchester, Inglaterra).
1915 d.C.
Se descubren los virus bacteriales.
1919 d.C.
La palabra “Biotecnología” se usa por primera vez en texto impreso.
1920 d.C.
Los científicos americanos Herbert McLean Evans y Joseph Long aíslan la hormona del crecimiento humana.
1928 d.C.
El científico escocés Alexander Fleming descubre la penicilina.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

• Una prueba a pequeña escala del <i>Bacillus thuringiensis</i> (Bt) formulado para el control de la peste del corn borer comienza en Europa. La producción comercial de este biopesticida comienza en Francia en 1938. • El científico ruso Georgii Karpechenko cruza rábanos y repollos, creando retoños fértiles entre plantas de distinto género. • El botánico alemán Friedrich Laibach usa por primera vez embriones de salvamento para obtener híbridos provenientes de muchos cruces en los cultivos de plantas – lo que se conoce hoy en día como hibridación.
1930 d.C.
• El congreso de los Estados Unidos aprueba el Acto para Patentar Plantas, que posibilita el patentamiento de los productos del cultivo de plantas.
1933 d.C.
• Maíz híbrido, desarrollado por Henry Wallace en la década de 1920, es comercializado.
1938 d.C.
• Se acuña el término “biología molecular”.
1941 d.C.
• El microbiólogo danés A. Jost usa por primera vez el término “ingeniería genética”, en una lectura sobre la reproducción de las levaduras.
1942 d.C.
• Se usa el microscopio electrónico para identificar y caracterizar un bacteriófago-virus que infecta bacterias. • Se producen grandes cantidades de penicilina en microbios.
1943 d.C.
• El botánico alemán Friedrich Laibach propone a la <i>Arabidopsis thaliana</i> como organismo modelo para la investigación genética en las plantas.
1944 d.C.
• El bacteriólogo canadiense (naturalizado en Estado Unidos) Oswald Avery y sus colegas descubren que el ADN transporta información genética. • El bioquímico ucraniano (naturalizado en Estado Unidos) Selman Waksman aísla la estreptomicina, un efectivo antibiótico para la tuberculosis.
1946 d.C.
• Los científicos descubren que el material genético proveniente de diferentes virus puede ser combinado para formar un nuevo tipo de virus, un ejemplo de la recombinación genética.
1947 d.C.
• La cito-genetista de las plantas norteamericana Barbara McClintock descubre elementos transportadores, o “genes saltarines”, en el maíz.
1949 d.C.
• El químico americano Linus Pauling enseña que la célula falciforme de la anemia es una “enfermedad molecular” resultado de una mutación en la molécula proteínica de la hemoglobina.
1951 d.C.
• Se logra la inseminación artificial del ganado usando semen congelado.
1953 d.C.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

La revista científica Nature publica el manuscrito de James Watson y Francis Crick donde se describe la estructura de doble hélice del ADN, el cual marca el inicio de la era moderna de la genética.
1955 d.C.
Una enzima involucrada en la síntesis de los ácidos nucleicos es aislada por primera vez.
1956 d.C.
El físico y bioquímico norteamericano Arthur Kornberg descubre la enzima ADN-polimerasa I, lo que conlleva al entendimiento de cómo se replica el ADN.
1958 d.C.
- Se demuestra que la célula falciforme de la anemia ocurre debido al cambio de un único aminoácido. - Se produce ADN en un tubo de ensayo por primera vez.
1959 d.C.
Se desarrollan fungicidas sistémicos. Se delinean los pasos para la biosíntesis de proteínas.
También en la década de 1950
- Se descubre el interferón. - Se crea el primer antibiótico sintético.
1960 d.C.
- Explotando los pares de bases, se crean moléculas híbridas de ADN-ARN. - Se descubre el ARN mensajero.
1961 d.C.
La USDA registra el primer biopesticida: <i>Bacillus thuringiensis</i>, o Bt.
1963 d.C.
Nuevas variedades de trigo desarrolladas por el científico agrónomo americano Norman Borlaug incrementan los rendimientos de los campos en un 70%.
1964 d.C.
El Instituto Internacional para la Investigación del Arroz en las Filipinas comienza la "Revolución Verde" (Green Revolution) con nuevas variantes genéticas del arroz que doblan el rendimiento de las variantes previas, si se les proporciona suficiente fertilizante.
1965 d.C.
Henry Harris y John Watkins en la Universidad de Oxford fusionan exitosamente células humanas con las células de ratón.
1966 d.C.
Se descifra el código genético, demostrando que una secuencia de tres bases nucleótidas (un codón) determina cada uno de los 20 amino-ácidos. (Otros dos aminoácidos han sido descubiertos desde entonces).
1967 d.C.
Se perfecciona el primer secuenciador automático de proteínas.
1969 d.C.
Por primera vez se sintetiza una proteína in vitro.
1970
- Norman Borlaug recibe el premio Nobel (ver 1963). - Los científicos descubren enzimas de restricción que cortan y empalman el material genético, abriendo el camino para la clonación genética.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

1971 d.C.
La primera síntesis completa de un gen es completada.
1972 d.C.
- El bioquímico americano Paul Berg publica los resultados de su trabajo creando las primeras moléculas de ADN que combinan genes de diferentes organismos. - Se descubre que la composición del ADN de los humanos es similar en un 99% al de los chimpancés y los gorilas. - Se comienza el trabajo relacionado con la transferencia de embriones.
1973 d.C.
Los bioquímicos norteamericanos Stanley Cohen y Herbert Boyer perfeccionan las técnicas para cortar y pegar ADN (usando enzimas de restricción y ligasas), reproducen un nuevo ADN en una bacteria.
1974 d.C.
- El Instituto Nacional de la Salud (NIH, por su sigla en inglés) forma un Comité Regulador del ADN Recombinante para vigilar la investigación en recombinación genética. - Comienza la investigación usando microbios mejorados genéticamente para aplicaciones industriales.
1975 d.C.
Se producen los primeros anticuerpos monoclonales
1976 d.C.
- Las herramientas del ADN recombinante (ADNr) son aplicadas por primera vez en un desorden hereditario humano. - La hibridación molecular es utilizada para la diagnosis prenatal de alfa talasemia. - Genes de levaduras son expresados en la bacteria E. coli. - Se determina la secuencia de los pares de bases en el ADN para un gen específico. - Se emiten las primeras directrices para los experimentos con ADN recombinante. - El pionero del ADN recombinante Herbert Boyer co-funda Genentech, la primera compañía basada en la tecnología.
1977 d.C.
- Un gen humano es expresado en una bacteria por primera vez. - Se desarrollan procedimientos para el secuenciamiento rápido de largas secciones de ADN usando electroforesis.
1978 d.C.
- Se identifica por primera vez la estructura de alto-nivel de un virus. - Se produce por primera vez insulina recombinante humana. - Científicos de Carolina del Norte prueban que es posible introducir mutaciones específicas en sitios específicos de una molécula de ADN.
1979 d.C.
La hormona del crecimiento humano se sintetiza por primera vez.
También en la década de 1970
Se perfeccionan las técnicas para el secuenciamiento rápido de nucleótidos.
1980 d.C.
La Corte Suprema de los Estados Unidos, en aras del caso de Diamond Vs. Chakrabarty, aprueba el principio del patentamiento de organismos, el cual permite a la Exxon Oil Company patentar un microorganismo que consume petróleo crudo.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

- Se otorga la patente estadounidense para la clonación de genes a los bioquímicos americanos Stanley Cohen y Herbert Boyer. - Se desarrolla la primera máquina sintetizadora de genes. - Investigadores introducen exitosamente el gen humano para el interferón en una bacteria. - Paul Berg, Walter Gilbert y Frederick Sanger reciben el Premio Nobel en Química por la creación de la primera molécula recombinante.
1981 d.C.
- Científicos en la Universidad de Ohio producen los primeros animales transgénicos transfiriendo genes de otros animales a los ratones. - Un científico chino se convierte en el primero en clonar un pez.
1982 d.C.
- Applied Biosystems, Inc. introduce la primera secuenciadora de proteínas en fase gaseosa al comercio, que reduce dramáticamente la muestra de proteína necesaria para el secuenciamiento. - Se desarrolla la primera vacuna de ADN recombinante para el ganado. - La primera droga biotecnológica es aprobada por la FDA: insulina humana producida en bacterias modificadas genéticamente. Genentech y Eli Lilly desarrollaron el producto. - Se realiza la primera transformación genética de una célula vegetal, usando la petunia.
1983 d.C.
- El bioquímico americano Kary Mullis inventa la reacción en cadena de polimerasa (PCR, por su sigla en inglés), la cual utiliza el calor y las enzimas para hacer copias ilimitadas de genes y fragmentos de genes, luego se convirtió en una de las herramientas más importantes en la investigación biotecnológica y el desarrollo de productos alrededor del mundo. - Se efectúa la primera transformación genética de células vegetales por medio de plásmidos TI. - Se sintetiza el primer cromosoma artificial. - Se encuentran los primeros marcadores genéticos para enfermedades hereditarias específicas. - La biotecnología es usada para hacer crecer una planta en su totalidad, la petunia.
1984 d.C.
- Se desarrolla la técnica de la huella genética (usando PCR). - Todo el genoma del virus del VIH humano es clonado y secuenciado.
1985 d.C.
- Se encuentran marcadores genéticos para la enfermedad del riñón y la fibrosis quística. - Se introduce la huella genética como evidencia en una corte. - Se prueban en el campo por primera vez plantas transgénicas resistentes a los insectos, los virus y las bacterias. - El NIH aprueba las directrices para realizar experimentos de terapia génica en los humanos.
1986 d.C.
- Se aprueba la primera vacuna recombinante para humanos, una vacuna para la hepatitis B. - El interferón se convierte en la primera droga para combatir el cáncer producida a través de la biotecnología. - Científicos del Scripps Institute y la Universidad de California–Berkeley describen como combinar anticuerpos y enzimas (abzymes). Las Abzymes demuestran potencial para romper enlaces químicos, incluyendo enlaces proteína-péptidos, con gran precisión. - Se conducen los primeros ensayos en el campo de plantas transgénicas (tabaco).

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

• La EPA (Environmental Protection Agency) aprueba el lanzamiento de la primera planta transgénica — plantas de tabaco alteradas genéticamente. • El Grupo de Expertos Nacionales de Seguridad en Biotecnología de la OECD (Organization of Economic Cooperation and Development) menciona que: “Los cambios genéticos hechos con las técnicas del ADN recombinante a menudo tendrán una gran predictibilidad inherente, en comparación con las técnicas tradicionales”. • Los microbios son usados por primera vez para limpiar un derrame de petróleo.
1987 d.C.
• Se aprueba la primera planta biotecnológica probada en el campo, tomates resistentes a los virus. • Frostban, una bacteria alterada genéticamente que inhibe la formación de escarcha en las plantas, es probada en el campo en plantas de fresas y papas en California, la primera prueba de campo aprobada para una bacteria recombinante.
1988 d.C.
• A los genetistas moleculares de Harvard se les otorga la primera patente estadounidense para un animal alterado genéticamente – un ratón transgénico. • Se concede la patente a un proceso para fabricar enzimas proteasa resistentes a la lejía, para ser usadas en los detergentes. • Un jurado en los Estados Unidos y uno en el Reino Unido emiten la primera condena por homicidio basándose en pruebas de ADN.
1989 d.C.
• Se aprueba la primera prueba de campo para algodón biotecnológico. • Comienza the Plant Genome Project. • Ocurre la primera exoneración por huella de ADN.
También en la década de 1980
• Se usan estudios de ADN para determinar la historia de la evolución. • Se aprueba el uso de una vacuna animal de ADN recombinante en Europa. • Se identifican las ribozimas y los retinoblastomas.
1990 d.C.
• Se introduce Chy Max™, el primer producto de la tecnología del ADN recombinante en el suministro alimenticio de USA. • Se lanza el Proyecto del Genoma Humano. • El primer tratamiento de terapia génica experimental es realizado exitosamente en una niña de cuatro años que sufre de un desorden inmunológico. • Se crea la primera vaca transgénica, para producir proteínas lácteas humanas para los infantes. • Se produce el primer maíz Bt protegido biotecnológicamente contra los insectos. • Es aprobado el primer producto alimenticio de la biotecnología en el Reino Unido: levadura modificada. • Se inicia la primera prueba de campo de un vertebrado modificado genéticamente: una trucha.
1992 d.C.
• Científicos americanos y británicos revelan una técnica para experimentar con embriones in vitro buscando anomalías como la fibrosis quística y la hemofilia. • La FDA menciona que los alimentos transgénicos no son inherentemente peligrosos y no requieren una regulación especial.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

1993 d.C.
• La FDA aprueba la somatotropina bovina recombinante (rBST, por su sigla en inglés) para incrementar la producción de leche en las vacas. El producto se comercializa como POSILAC®. • La FDA aprueba Betaseron® (Interferón beta-1a), el primero de muchos productos biotecnológicos que tiene un gran impacto en el tratamiento para la esclerosis múltiple.
1994 d.C.
• La FDA aprueba el primer alimento producido en su totalidad a través de la biotecnología: tomate FLAVRSAVR™. • Se descubre el primer gen causante del cáncer de seno. • Se aprueba Pulmozyme® (dornase alfa), una versión recombinante de DNase humana. La Droga degrada la acumulación de proteínas en los pulmones de los pacientes con fibrosis quística.
1995 d.C.
• Se realiza el primer trasplante de médula ósea de un babuino a un humano en un paciente con sida. • Se completa la primera secuencia genética completa de un organismo vivo diferente a un virus: la bacteria Haemophilus influenzae. • La terapia génica, la modulación del sistema inmune y los anticuerpos producidos de manera recombinante entran a las clínicas para ayudar en la lucha contra el cáncer.
1996 d.C.
• El descubrimiento de un gen asociado con la enfermedad de Parkinson provee una nueva línea de investigación importante en la causa y potencial tratamiento de los debilitantes achaques neurológicos. • Los granjeros plantan alimentos biotecnológicos por primera vez: maíz, granos de soya y algodón. • La secuencia del genoma del microorganismo ethanococcus jannaschii confirma que existe una tercera rama principal de seres vivientes en la tierra, junto con las bacterias y los eucariotes (hongos, protistas, plantas y animales). La tercera rama es llamada Archaea.
1997 d.C.
• La oveja Dolly es mostrada al mundo en Escocia como el primer animal clonado de una célula adulta. • Se comercializan las primeras plantas biotecnológicas resistentes a los insectos: Granos de soya Ready® y algodón protegido contra los insectos Bollgard®. • Se cultivan comercialmente plantas biotecnológicas en aproximadamente cinco millones de acres alrededor del mundo. Se cultivan en Argentina, Australia, Canadá, China, México y los Estados Unidos. • Rituxan® (rituximab) es el primer anticuerpo monoclonal contra el cáncer en ganar la aprobación de la FDA. • Un grupo de investigadores de Oregón dicen haber clonado dos monos Rhesus. • Se secuencian el genoma del primer microorganismo relevante industrialmente: (Bacillus subtilis). • Se introducen en los mercados mundiales aceites DHA y ALA producidos a partir de microalgas mejoradas biotecnológicamente.
1998 d.C.
• Se establecen líneas de células madre embrionarias humanas.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

• La FDA aprueba la droga para el cáncer de seno Herceptin® (trastuzumab) en pacientes en los que el cáncer ha sobreexpresado el receptor HER2. Esta es considerada la primera medicina farmacogenómica (o personalizada). • La corporación Perkin-Elmer enrola al biólogo Americano Craig Venter a la cabeza de una nueva compañía llamada Celera Genomics cuya meta es secuenciar el genoma humano de manera más rápida que the Human Genome Project. (Desde ese entonces Celera ha sido absorbida por Applera Corp.). • Científicos de la Universidad de Hawái clonan tres generaciones de ratones del núcleo de células de ovario adultas. • Científicos de la Universidad japonesa en Kinki clonan ocho becerros idénticos usando células tomadas de una única vaca adulta. • Se secuencia el primer genoma animal completo: el gusano C. elegans. • Se produce un borrador temprano del mapa del genoma humano, mostrando las locaciones de miles de genes. • Cinco países del sudeste asiático forman un consorcio para desarrollar papayas resistentes a las enfermedades. • Se diseña el primer chip genético para realizar perfiles transcripcionales de un organismo industrial.
1999 d.C.
• El U.K.'s Wellcome Trust une fuerzas con 10 grandes compañías farmacéuticas para crear The SNP Consortium, cuya meta es encontrar y mapear 300,000 únicos y comunes single nucleotide polymorphisms (SNPs) en el genoma humano. • The Human Genome Project completa la primera secuencia, en su totalidad, de un cromosoma humano, el cromosoma 22. • Por primera vez, inversionistas ponen más de US\$10 billones en la industria biotecnológica. La inversión no ha bajado de ese nivel desde entonces. • Una nueva prueba diagnóstica permite la identificación rápida de Encefalopatía Espongiforme Bovina (enfermedad de las "vacas locas") y la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob. • La muerte de Jessie Gelsinger en una terapia génica experimental aumenta el escrutinio sobre esta tecnología.
También en la década de 1990:
• Se descubre un gen de ADN defectuoso y es asociado al cáncer de colon hereditario. • Se prueba una vacuna recombinante contra la rabia en los mapaches. • Un biopesticida basado en la biotecnología es aprobado para su venta en los Estados Unidos. • Se otorga la primera patente europea para un animal transgénico: un ratón sensible a carcinógenos.
2000 d.C.
• Se anuncia que se tiene un borrador "en bruto" del genoma humano. • Se desarrolla el primer mapa completo del genoma de una planta: la Arabidopsis thaliana. • Plantas biotecnológicas son cultivadas en 108.9 millones de acres en 13 países. • Los desarrolladores del arroz transgénico mejorado con beta carotenos ("Golden Rice") anuncian que harán la tecnología disponible para los países en desarrollo con la esperanza de mejorar la salud de las personas desnutridas y prevenir algunas formas de ceguera. • Kenia realiza pruebas de campo de su primera planta biotecnológica: una batata resistente a los virus.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

2001 d.C.
• Investigadores en conjunto con China's National Hybrid Rice Research Center reportan haber desarrollado un "súper arroz" que puede doblar el rendimiento del arroz normal. • Se completan las secuencias genómicas de la importante bacteria para la agricultura <i>Sinorhizobium meliloti</i>, una especie fijadora de nitrógeno, y <i>Agrobacterium tumefaciens</i>, una peste de las plantas. • Un único gen de la <i>Arabidopsis</i> es insertado en plantas de tomate para crear la primera planta capaz de crecer en agua y suelo salino. • Se inaugura en el mundo la primera biorrefinería en Blair, Nebraska, para convertir los azúcares del maíz en ácido poliláctico, un compuesto biopolímero que se puede usar para producir materiales para empaques, ropa y productos para ropa de cama. • La FDA aprueba una droga genética dirigida llamada Gleevec® (imatinib) para tratar pacientes con leucemia crónica. Esta es considerada la primera, de lo que se espera sea una serie de nuevas drogas para el cáncer basadas directamente en descubrimientos genéticos.
2002 d.C.
• Se completa un borrador de la secuencia del genoma del arroz, marcando así, la primera secuencia genómica para una planta comestible importante. • Se completa el primer borrador de un mapa funcional para el proteoma de una levadura, una red completa de complejos proteínicos y sus interacciones. • Consorcios internacionales secuencian los genomas del parásito que causa la malaria, y la especie de mosquito que transmite el parásito. • Se publica el borrador de la versión completa del mapa del genoma humano. • Los científicos son forzados a replantear la manera en que miran el ARN cuando descubren que pequeñas piezas importantes de ARN controlan muchas de las funciones de la célula. • Los científicos logran grandes progresos en elucidar los factores que controlan la diferenciación de las células madre, identificando más de 200 genes que están involucrados en este proceso. • Investigadores anuncian resultados exitosos para una vacuna contra el cáncer cervical, la primera demostración de una vacuna preventiva para un tipo de cáncer. • Científicos completan la secuencia borrador del patógeno más importante del arroz, un hongo que destruye suficiente arroz como para alimentar 60 millones de personas al año. • Se secuencian el genoma del pufferfish japonés. La secuencia del genoma de este pez es la más pequeña conocida de cualquier vertebrado. • Científicos de la Stony Brook University en New York crean un virus sintético, polio, usando información de la secuencia del genoma.
2003 d.C.
• La EPA aprueba el primer maíz resistente a los gusanos de la raíz, el cual podría ahorrar a los granjeros US\$1 billón perdido anualmente en uso de pesticidas. • Una especie en peligro de extinción (el banteng) es clonada por primera vez. En el 2003 también se clonaron otros animales por primera vez, como las mulas, los caballos y los venados. • Se le aplica eutanasia a la oveja Dolly luego de desarrollar una progresiva enfermedad en los pulmones. • Investigadores japoneses desarrollan un café biotecnológico que es naturalmente descafeinado. • China ofrece al mundo su primera aprobación regulatoria de un producto de la terapia génica. Gendicine, desarrollado por Shenzhen SiBiono GenTech, desarrolla p53 gene como una terapia para squamous cell head y el cáncer de cuello.

Anexo 1. (Continuación)

(Continúa en la página siguiente)

• Brazil y Filipinas cultivan plantas biotecnológicas por primera vez. • McKinsey & Co. proyecta que la biotecnología industrial podría alcanzar el valor US\$160 billones en el 2010. • La FDA aprueba la primera vacuna contra la influenza por vía nasal, FluMist®.
2004 d.C.
• La FDA aprueba la primera droga anti-angiogénica para el cáncer, Avastin® (bevacizumab). • La FDA autoriza un sistema de prueba con chips de ADN, el AmpliChip® Cytochrome P450 Genotyping Test, para ayudar en la selección de medicamentos de una amplia variedad de condiciones comunes. • Un producto del ARN interferente para la degeneración macular asociada a la edad, se convierte en el primer producto de ARNi en entrar a ensayos clínicos. • GloFish®, la primera mascota biotecnológica, entra en el mercado norteamericano. • La FAO apoya las plantas biotecnológicas. • El Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias encuentra que las plantas biotecnológicas no poseen más riesgos para la salud que las plantas creadas por otras técnicas, y recomienda basar las evoluciones de la seguridad en los alimentos en el producto alimenticio resultante, y no en la técnica usada para crearlo. • La FDA encuentra un tipo de trigo biotecnológico seguro después de una revisión alimenticia. • Es secuenciado el genoma de la gallina por el Chicken Genome Sequencing Consortium. • Se clona la primera mascota y es entregada a su dueño. • Se secuencia el genoma de la rata de laboratorio. • Investigadores completan la secuencia genómica del chimpancé, el primate mas cercanamente relacionado con el hombre. • La compañía biotecnológica canadiense LOGEN logra la primera producción comercial y entrega del bioetanol, produciendo el combustible con enzimas biotecnológicas y paja de trigo.
2005 d.C.
• Investigadores de la Universidad de Georgia producen exitosamente una vaca clonada de las células de un cadáver. • La FDA aprueba por primera vez una droga para una raza específica. La droga BiDil®, para tratar la falla en corazones congestionados de pacientes negros. • El Energy Policy Act es aprobado y firmado como ley, autorizando numerosos incentivos para el desarrollo de bioetanol. • El NIH lanza un proyecto piloto para determinar la viabilidad de The Cancer Genome Atlas. La meta final sería completar el mapa con los cambios genómicos involucrados en todos los tipos de cáncer humano. • Científicos del Centers for Disease Control & Prevention sintetizan parcialmente el virus del resfriado que mató casi 20 millones de personas alrededor del mundo entre 1918 y 1919. • Científicos de la Universidad de Harvard reportan su éxito en convertir células de la piel en células madre embrionarias a través de la fusión con células madre embrionarias existentes. • En Mayo 7, se plantan un billón de acres de semillas biotecnológicas. • La World Health Organization (WHO) publica Modern Food Biotechnology, Human Health and Development, la cual concluye que los alimentos biotecnológicos pueden mejorar la salud humana y el desarrollo económico.

Anexo 1. (Continuación)

(Página final)

• La firma británica de investigación PG Economics Ltd. encuentra que el uso global de plantas biotecnológicas a añadido más de US\$27 billones al ingreso de los granjeros y ha reducido el impacto ambiental de la agricultura. • Un consorcio de científicos liderados por el National Human Genome Research Institute publica el genoma del perro. Corresponde al de un can de raza bóxer de 12 años. • La primera enzima para la producción de etanol de baja energía es comercializada, mientras la producción de etanol derivado del maíz alcanza los cuatro billones de galones por año.
2006 d.C.
• Se inicia la primera prueba de campo de un vertebrado modificado genéticamente: una trucha. • La American Dietetic Association publica un estatuto reafirmando su apoyo por la comida y la agricultura biotecnológica. • Dow AgroSciences gana la primera aprobación regulatoria para una vacuna hecha a partir de una planta. La vacuna protege las aves de corral de la enfermedad de Newcastle. • Renessen LLC recibe la aprobación para comenzar con la venta de animales alimentados con maíz biotecnológico con alto contenido de lisina. • Investigadores desarrollan cerdos biotecnológicos que producen altos niveles de ácidos grasos omega 3, con la ayuda de un gen del gusano <i>C. elegans</i>. • La FDA aprueba la vacuna recombinante Gardasil®, la primera vacuna desarrollada contra el virus del papiloma humano, una infección implicada en el cáncer cervical y de garganta.
2007 d.C.
• Investigadores de la Universidad de Wisconsin, Madison, y la Universidad de Kioto en Japón anuncian la reprogramación exitosa de células de la piel humana para crear células no diferenciadas que provienen de células madre embrionarias. • Investigadores del Children's Hospital en Boston y el Harvard Stem Cell Institute determinan que el desacreditado científico coreano Hwang Woo-Suk creó la primera línea de célula madre embrionaria en el mundo derivada de la partenogénesis. • La FDA aprueba la vacuna H5N1, la primera vacuna aprobada para la gripe aviar. • Investigadores de la Universidad de Búfalo describen el mecanismo central de acción para las enzimas. • Investigadores taiwaneses desarrollan un árbol de eucalipto biotecnológico que ingiere hasta tres veces más dióxido de carbono que las variedades convencionales. El eucalipto biotecnológico también produce menos lignina y más celulosa. • Investigadores coreanos revelan el primer poodle jamás clonado. • Investigadores de los Estados Unidos anuncian la producción de ganado biotecnológico que no puede desarrollar proteínas priones. Los priones han estado implicados en la enfermedad bovina neurológica degenerativa de la encefalopatía espongiforme.
2008 d.C.
• Se completa el boceto de la secuencia del genoma del maíz. Es apenas el tercer genoma de una planta en ser completado, después de la Arabidopsis y el arroz.

Anexo 2. Aplicaciones biotecnológicas de los hongos

Aplicaciones alimenticias	Productos Útiles	Otros procesos
Panificación	Alcaloides	Bioblanqueamiento
Fabricación de cerveza	Antibióticos	Agentes de control biológico
Fabricación de queso	Etanol	Biorremediación de suelos
Cultivo de hongos	Enzimas	Solubilización de carbono
Fermentaciones de comida oriental	Giberelina	Microencapsulación
Micoproteína de Quorn	Inmunomoduladores	Inoculantes con micorrizas
	Ácidos orgánicos	Bioconversión de esteroides
	Polisacáridos	Tratamiento de residuos
	Vitaminas	

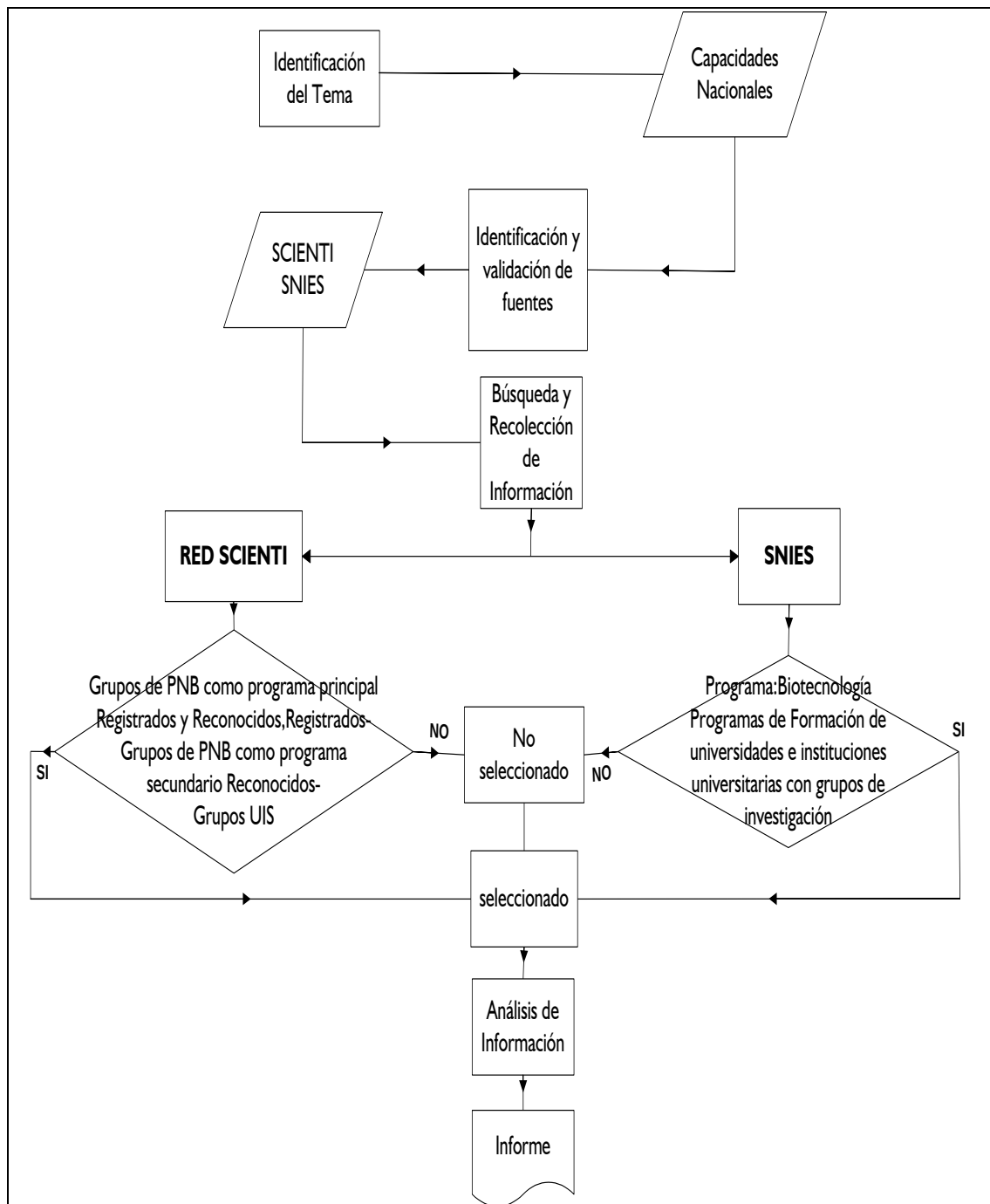
Fuente: HAMLYN, Paul F. Fungal Biotechnology. NWFG Newsletter. 1997 [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://fungus.org.uk/nwfg/fungbiot.htm>>. ISSN 1465-8054.

Anexo 3. Principales enzimas obtenidas de hongos

Enzima	Fuente principal
Asparaginasa	<i>Aspergillus spp.</i> y <i>Penicillium spp.</i>
Amilasa	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus Oryzae</i>
Catalasa	<i>A. niger</i> , <i>Penicillium spp.</i>
Celulasa	<i>A. niger</i> , <i>Trichoderma reesei</i> , <i>T. viride</i> , <i>Penicillium finiculosum</i>
Dextranasa	<i>Penicillium spp.</i>
β-Glucanasa	<i>A. niger</i> , <i>Penicillium emersonii</i> , <i>T. reesei</i> , <i>T. Viride</i>
Glucoamilasa	<i>A. niger</i> , <i>A. oryzae</i>
Glucosa oxidasa	<i>A. niger</i> , <i>Penicillium spp.</i>
Hemicelulasa	<i>A. niger</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>T. reesei</i> , <i>T. viride</i> , <i>P. emersonii</i>
Lacasa	<i>Pyricularia oryzae</i>
Lipasa	Varias especies que incluyen: <i>A. niger</i> , <i>A. Oryzae</i>
Pectinasa	Varias especies que incluyen: <i>A. niger</i> , <i>Rhizopus oryzae</i>
Proteasa	Varias especies que incluyen: <i>A. niger</i> , <i>A. Oryzae</i>
Cuajo	<i>Mucor miehei</i> , <i>Endothia parasitica</i>
Tanasa	<i>A. niger</i> , <i>A. Oryzae</i>
Xilanasa	<i>A. niger</i> , <i>T. reesei</i>

Fuente: HAMLYN, Paul F. Fungal Biotechnology. NWFG Newsletter. 1997 [Citado en 11 de febrero de 2009]. Disponible en: <<http://fungus.org.uk/nwfg/fungbiot.htm>>. ISSN 1465-8054.

Anexo 4. Metodología de búsqueda



Fuente: propia.

Anexo 5. Tipos de documentos de la base SCOPUS

Tipo de documento	Definición
Artículo	Investigación original u opinión, también incluye conferencias
Libro	Monografía completa o capítulo de libro
Artículos de negocios y artículos de prensa	Elemento que describe noticias con contenidos en negocios, también incluye artículos de prensa.
Reportes de conferencias	Elemento adicional que resume todos los materiales de conferencias
Editoriales	Elemento que resume varios artículos o provee opiniones editoriales o noticias
Errata	Elemento que reporta un error, corrección o retractación de un material previamente publicado.
Cartas	Cartas a o correspondencia al editor
Notas	Nota, discusión o comentario
Reportes	publicación no serial que rinde cuenta detallada de información o declaraciones, a menudo incluye opiniones y hallazgos, de un individuo o grupo sobre un tema en particular
Reseñas	Reseña significativa de una investigación original, también incluye el material de conferencias.
Pequeñas encuestas	Una reseña pequeña de una investigación original

Anexo 6. Grupos UIS asociados a la Biotecnología
(Continúa en la siguiente página)

#	Nombre	Estatus *	Año de creación	Líder	Producción total**
1	Grupo de Investigación en Biotecnología Industrial y Biología Molecular	C	2002	Jorge Hernández Torres	6
2	Biónica	R	2005	Eduardo Serafín Guevara Melo	0
3	Microbiología y Mutagénesis Ambiental	R	2008	Jorge Luis Fuentes Lorenzo	0
4	Grupo de Investigación en Bioquímica e Ingeniería de Proteínas	C	2004	Rodrigo Gonzalo Torres Sáez	93
5	Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales – CEIAM	C	1996	Marianny Yajaira Combariza Montañez	96
6	Grupo de Investigación en Matemáticas de la UIS	A	1997	Sofía Pinzón Durán	348
7	Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos – CICTA	C	1995	Janeth Aidé Perea Villamil	201
8	Centro de Investigaciones para el Desarrollo Agroindustrial	C	2000	Carlos Aníbal Vásquez Cardozo	43
9	Grupo de Transferencia Tecnológica - INTERFASE	R	1997	Mario Álvarez Cifuentes	6
10	Grupo de Investigación en Fisicoquímica Teórica y Experimental – GIFTEX	C	2004	Cristian Blanco Tirado	59

* Clasificación otorgada por COLCIENCIAS: A=Categoría A, B=Categoría B, C=Categoría C, R=Registrado.

** Esta producción corresponde a los artículos de investigación, capítulos de libro, tesis y trabajos de grado, etc., registrados por el grupo de investigación.

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

Anexo 6. (Continuación)
(Página final)

#	Nombre	Estatus*	Año de creación	Líder	Producción total**
11	Centro de Investigación en Biomoléculas – CIBIMOL	A	1995	Elena Stashenko	1004
12	Grupo de estudios en Biodiversidad	A	1999	Daniel Rafael Miranda Esquivel	338
13	Inmunología y Epidemiología Molecular	A	2000	Clara Isabel González Rugeles	72
14	Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales – CINTROP	A	1991	Víctor Manuel Angulo Silva	217
15	Grupo de Investigación en Ingeniería Biomédica	A	1992	Alfonso Mendoza Castellanos	134
16	Laboratorio de Química Orgánica y Biomolecular	R	2004	Vladimir Kouznetsov	115
17	Laboratorio de Síntesis Orgánica	C	2004	Alirio Palma Rodríguez	34
18	Grupo de Investigación en Biomateriales	R	2005	Luis Emilio Forero Gómez	9
19	Centro de Investigación para el Desarrollo Sostenible en Industria y Energía	B	1993	Viatcheslav Victorovich Kafarov Kafarov	150
20	Centro de investigaciones en catálisis	A	1986	Sonia Azucena Giraldo Duarte	239
21	Grupo de Investigaciones en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente	B	1987	Gustavo Neira Arenas	117
22	Ciencia de Materiales Biológicos y Semiconductores – CIMBIOS	R	1999	David Alejandro Miranda Mercado	88

* A=Categoría A, B=Categoría B, C=Categoría C, R=Registrado.

** Esta producción corresponde a los artículos de investigación, capítulos de libro, tesis y trabajos de grado, etc., registrados por el grupo de investigación.

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <<http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>>.

Anexo 7. Sectores de aplicación de los grupos nacionales

Sectores de Aplicación Declarados por los Grupos de Investigación en Biotecnología	Número de Grupos
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la agricultura	29
Producción vegetal	27
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la salud humana o de los animales	26
Productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible	25
Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas	21
Cuidado a la salud de las poblaciones humanas	20
Educación	17
Productos y procesos biotecnológicos	16
Cuidado a la salud de las personas	15
Desarrollo de productos tecnológicos para la salud humana	12
Otras actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas	11
Agricultura, pecuaria, silvicultura, explotación forestal	9
Producción animal, incluso servicios veterinarios	9
Desarrollo rural	8
Políticas, planeamiento y gestión en salud	7
Actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas	6
Desarrollo de nuevos materiales	6
Fabricación de productos químicos orgánicos	6
Planeamiento y gestión de las ciudades, incluso política y planeamiento de vivienda	6
Ensayos de materiales y productos; análisis de calidad	5
Silvicultura, explotación forestal y servicios relacionados	5
Calidad y Productividad	4
Desarrollo Urbano	4
Otros sectores	4

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Anexo 8. Productos de los grupos biotecnológicos nacionales

Producto	Número
Artículos de Investigación	5692
Capítulos de Libro	705
Libros de Investigación	183
Producción Artística/cultural	14
Normas Basadas en Resultados de Investigación	27
Literatura Gris	1009
Productos Asociados a Servicios Técnicos o Consultoría Cualificada	476
Productos de Divulgación o Popularización de resultados de investigación	8484
Productos o procesos tecnológicos patentados o registrados	112
Productos o procesos tecnológicos usualmente no patentables o protegidas por secreto industrial	100
Tesis y trabajos de grado	3710
Otros	7042
Producción Total	27554

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Anexo 9. Sectores de aplicación de las alianzas

Sectores de Aplicación Declarados por los Grupos de Investigación con alianzas	Número de Grupos
Cuidado a la salud de las personas	5
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la salud humana o de los animales	4
Cuidado a la salud de las poblaciones humanas	4
Desarrollo de productos tecnológicos para la salud humana	4
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la agricultura	2
Educación	2
Productos y procesos biotecnológicos	2
Producción animal, incluso servicios veterinarios	2
Producción vegetal	1
Productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible	1
Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas	1
Agricultura, pecuaria, silvicultura, explotación forestal	1
Actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas	1
Fabricación de productos químicos orgánicos	1
Ensayos de materiales y productos; análisis de calidad	1
Otros sectores	1
Fabricación de productos farmacéuticos	1
Fabricación de otros productos químicos	1
Otras industrias extractivas	1
Fabricación de coque, refinado de petróleo, elaboración de combustibles nucleares y producción de alcohol	1

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Anexo 10. Sectores de aplicación de los grupos UIS

Sector de Aplicación	Número de Grupos
Captación, tratamiento y distribución de agua, limpieza urbana, aguas residuales y actividades conexas	6
Productos y servicios para la defensa y protección del medio ambiente, incluyendo el desarrollo sostenible.	5
Actividades de asesoramiento y consultoría a las empresas	4
Agricultura, pecuaria, silvicultura, explotación forestal	3
Cuidado a la salud de las poblaciones humanas	3
Fabricación de productos farmacéuticos	3
Cuidado a la salud de las personas	3
Educación	2
Energía	2
Fabricación de catalizadores	2
Fabricación de coque, refinado de petróleo, elaboración de combustibles nucleares y producción de alcohol	2
Fabricación de productos químicos	2
Fabricación de productos químicos orgánicos	2
Producción vegetal	2
Refinado de petróleo	2
Calidad y Productividad	1
Consultoría en sistemas de informática	1
Desarrollo de nuevos materiales	1
Ensayos de materiales y productos; análisis de calidad	1
Fabricación de máquinas con componentes de mecánica de precisión	1
Fabricación de otros productos químicos	1
Industrias extractivas	1
Otras industrias extractivas	1
Planeamiento y gestión de las ciudades, incluso política y planeamiento de vivienda	1
Políticas, planeamiento y gestión en salud	1
Productos y procesos biotecnológicos	1
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la agricultura	1
Productos y procesos biotecnológicos vinculados a la salud humana o de los animales	1

Fuente: Datos obtenidos en la red SCIENTI, disponible en <http://thirina.colciencias.gov.co:8081/scienti/>.

Anexo 11. Programas de Pregrado en Biotecnología (Búsqueda preliminar)

Institución	Nombre del programa
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

Fuente: Información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 12. Programas de Postgrado en Biotecnología (Búsqueda preliminar)

Institución	Nombre Programa
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	MAESTRÍA BIOTECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	MAESTRÍA EN BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	MAESTRÍA EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	MAESTRÍA EN BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	DOCTORADO EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD DE LA SALLE	ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	ESPECIALIZACIÓN EN BIOLOGÍA MOLECULAR Y BIOTECNOLOGÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	DOCTORADO EN BIOTECNOLOGÍA

Fuente: Información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 13. Departamentos colombianos con programas de formación en Biotecnología

Número	Departamento	Programas de Formación
1	DISTRITO CAPITAL	123
2	ANTIOQUIA	76
3	VALLE DEL CAUCA	36
4	ATLÁNTICO	22
5	SANTANDER	21
6	CALDAS	21
7	NORTE DE SANTANDER	21
8	CÓRDOBA	20
9	RISARALDA	18
10	NARIÑO	15
11	BOLÍVAR	14
12	BOYACÁ	13
13	CAUCA	13
14	TOLIMA	12
15	CUNDINAMARCA	10
16	QUINDÍO	9
17	MAGDALENA	8
18	META	7
19	SUCRE	7
20	CHOCO	5
21	HUILA	4
22	ARAUCA	1
23	CESAR	1

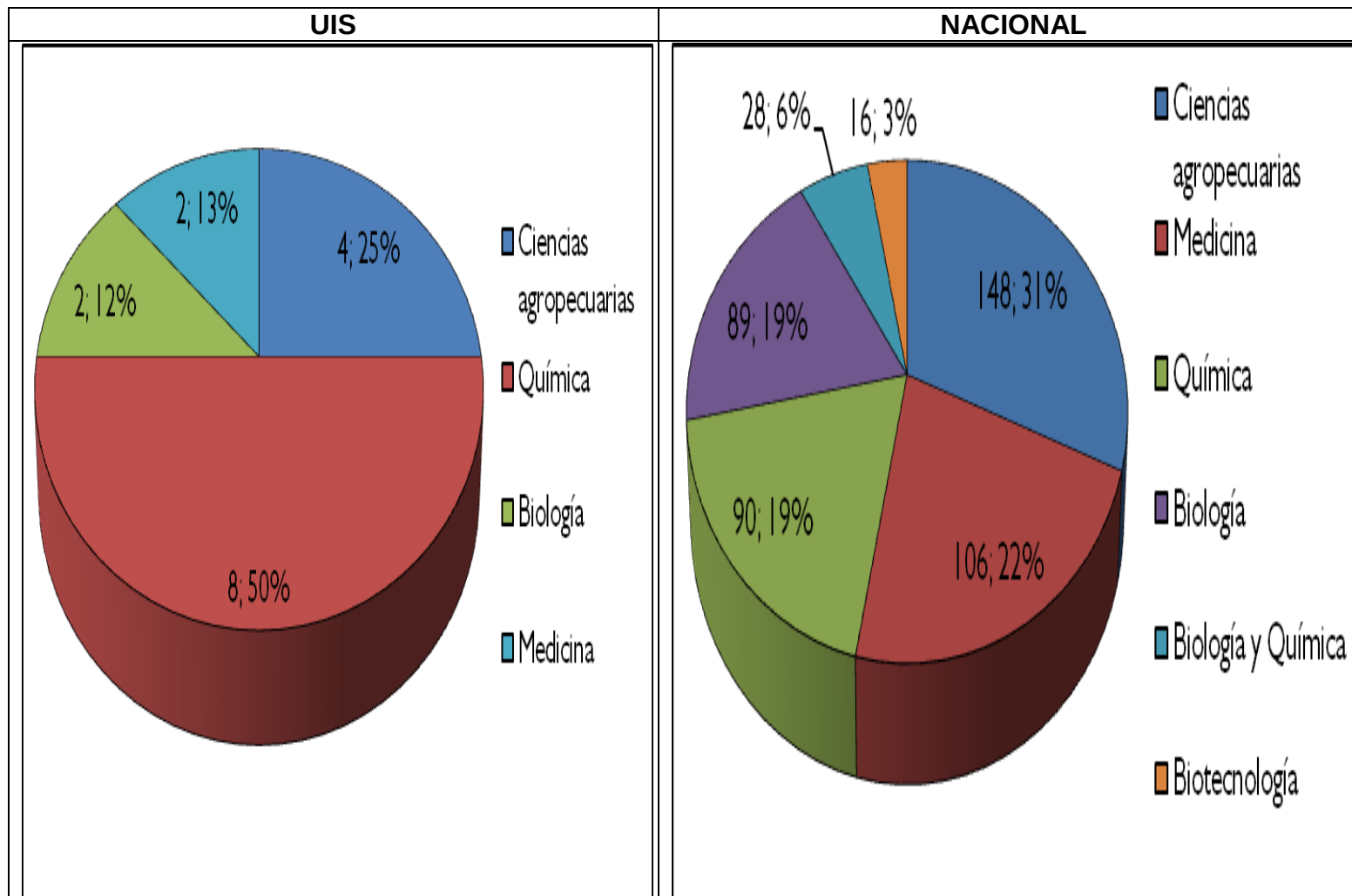
Fuente: Información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 14. Instituciones con programas de formación en Biotecnología

Institución	Número de programas
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	43
UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA	40
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA	24
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES UDCA.	19
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA	19
UNIVERSIDAD LIBRE	18
UNIVERSIDAD DEL VALLE	17
UNIVERSIDAD DE CALDAS	16
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	16
UNIVERSIDAD DE CORDOBA	14
UNIVERSIDAD DEL TOLIMA	14
UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA	13
UNIVERSIDAD DE NARIÑO	13
UNIVERSIDAD DE LA SALLE	12
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA	11
UNIVERSIDAD CES	11
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	9
UNIVERSIDAD DE CARTAGENA	9
UNIVERSIDAD DEL CAUCA	9
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA	9
UNIVERSIDAD EL BOSQUE	9
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ-JORGE TADEO LOZANO	7
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE	7
UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA UNAD	7
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO	7
UNIVERSIDAD DE SUCRE	7
UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO	7
UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	7
UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO	7
UNIVERSIDAD COOPERATIVA DE COLOMBIA	7
UNIVERSIDAD MILITAR-NUEVA GRANADA	7
CORPORACIÓN UNIVERSITARIA DE SANTA ROSA DE CABAL-UNISARC-	6
UNIVERSIDAD DE LA SABANA	6
UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS	5
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CHOCO-DIEGO LUIS CORDOBA	5
UNIVERSIDAD SANTIAGO DE CALI	5
UNIVERSIDAD DEL SINU - ELIAS BECHARA ZAINÚM - UNISINU -	5
FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DEL NORTE	5

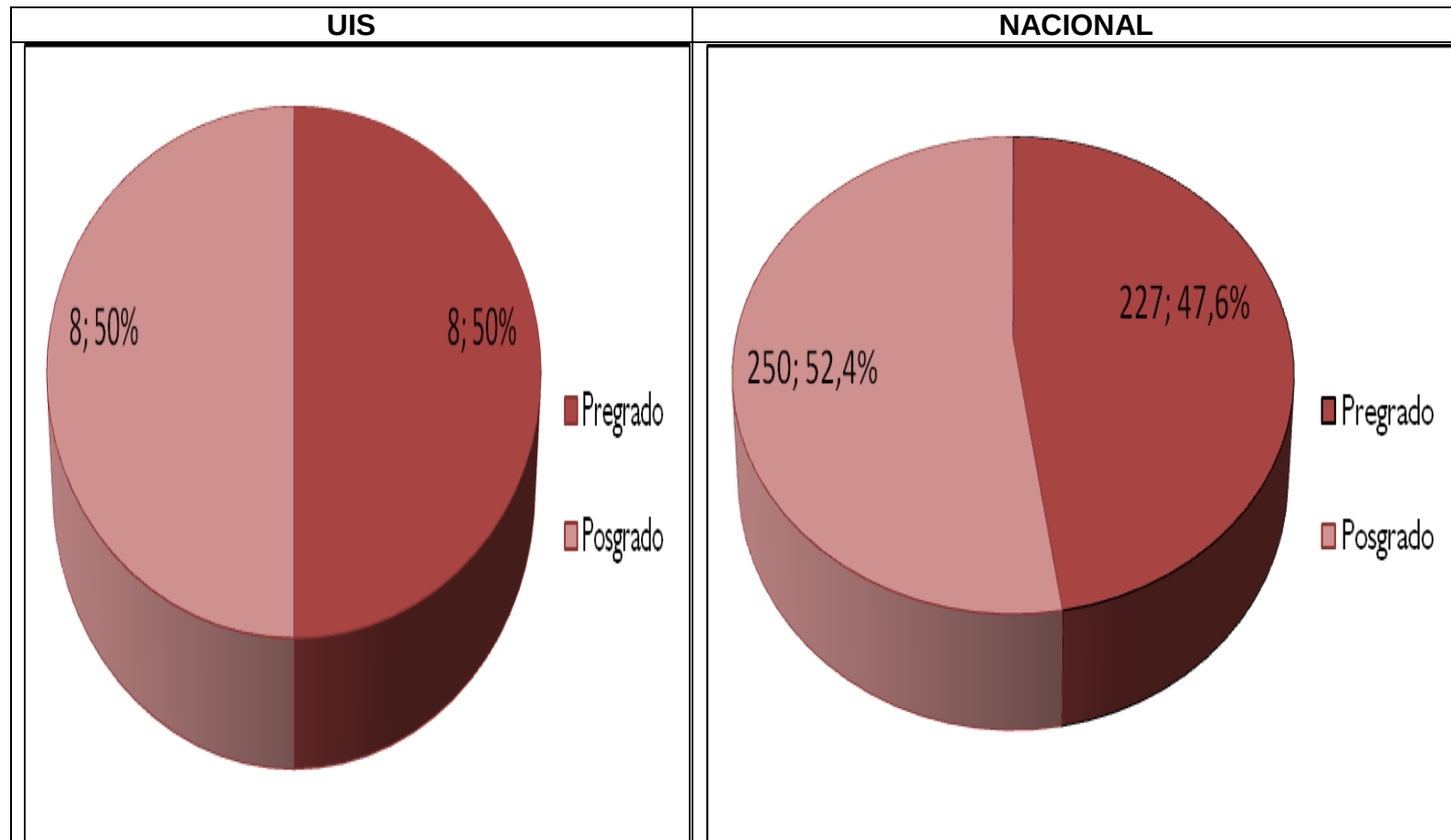
Fuente: Información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 15. Programas de formación: UIS Vs. Nacional



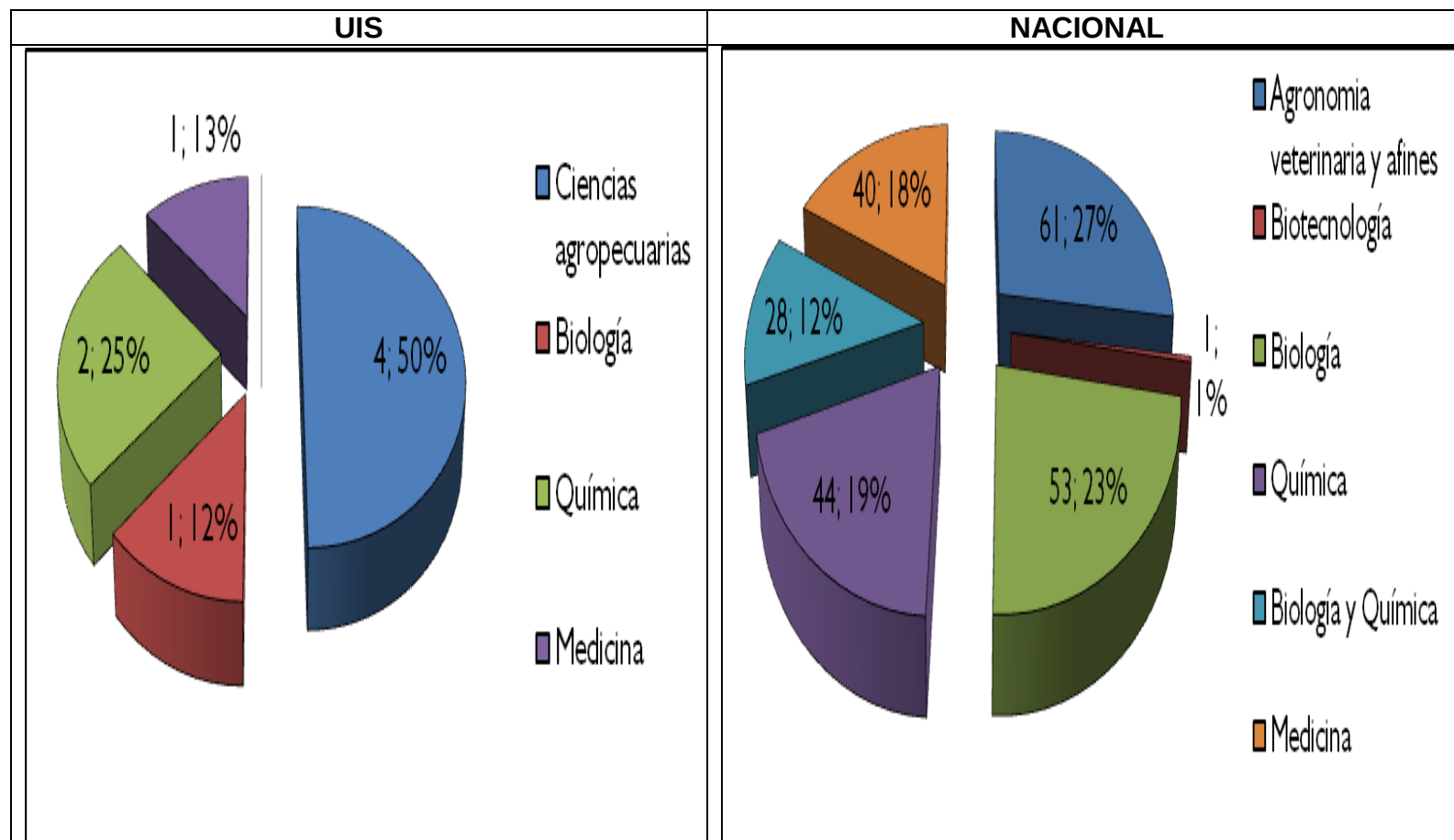
Fuente: Gráficos generado en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 16. Pregrado Vs. Postgrados en la UIS



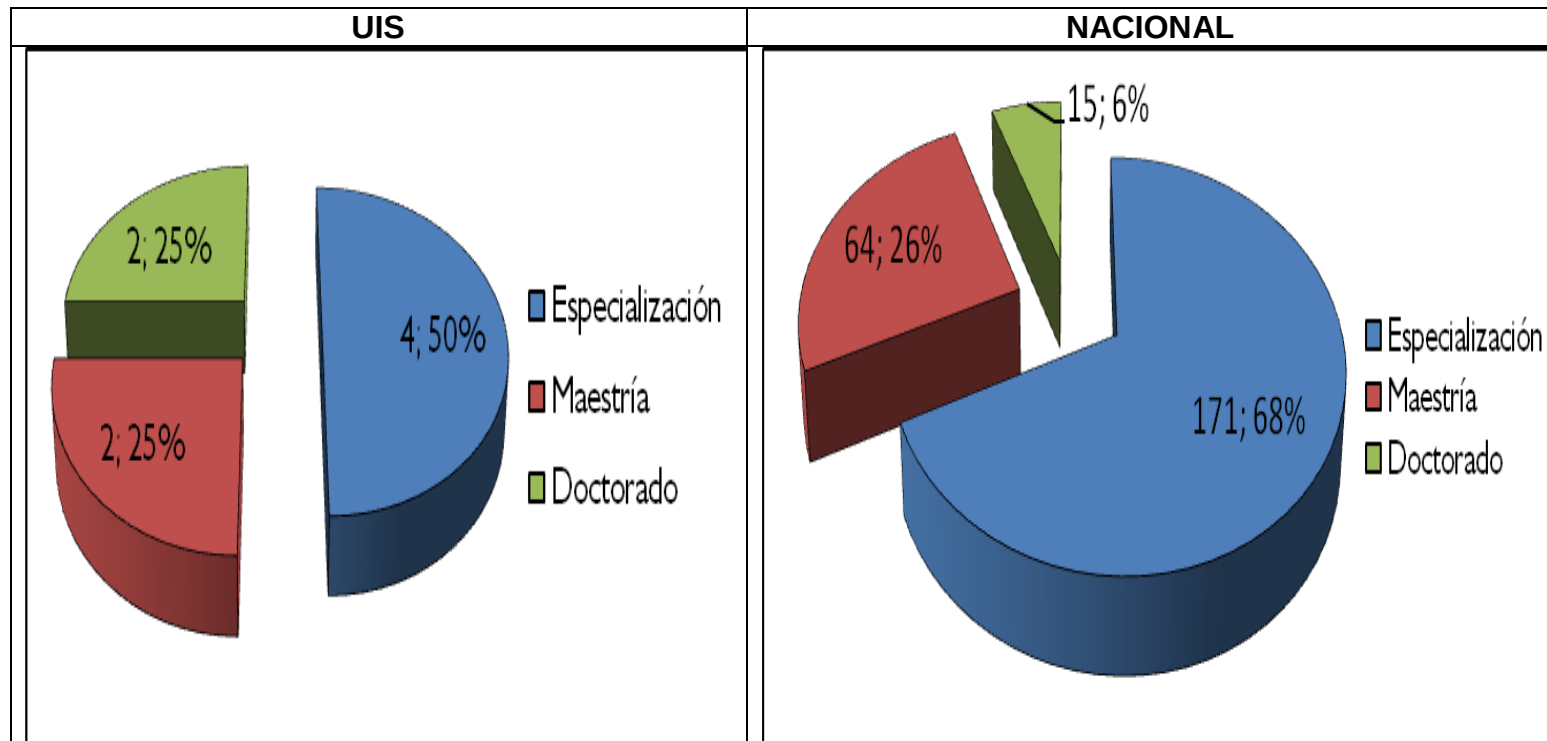
Fuente: Gráficos generado en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 17. Pregrado UIS Vs. Pregrado nacional



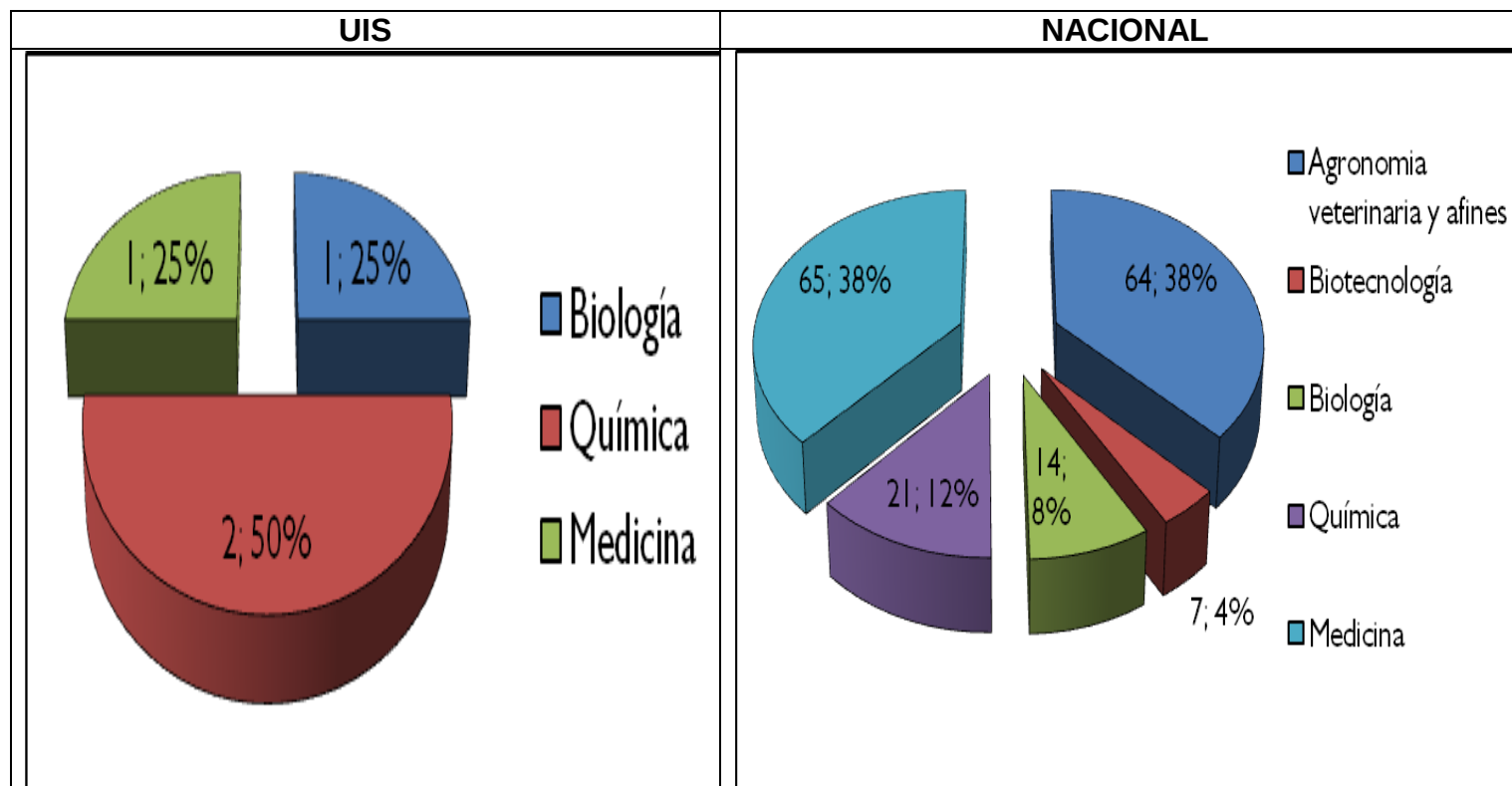
Fuente: Gráficos generados en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 18. Postgrado UIS Vs. Postgrado nacional



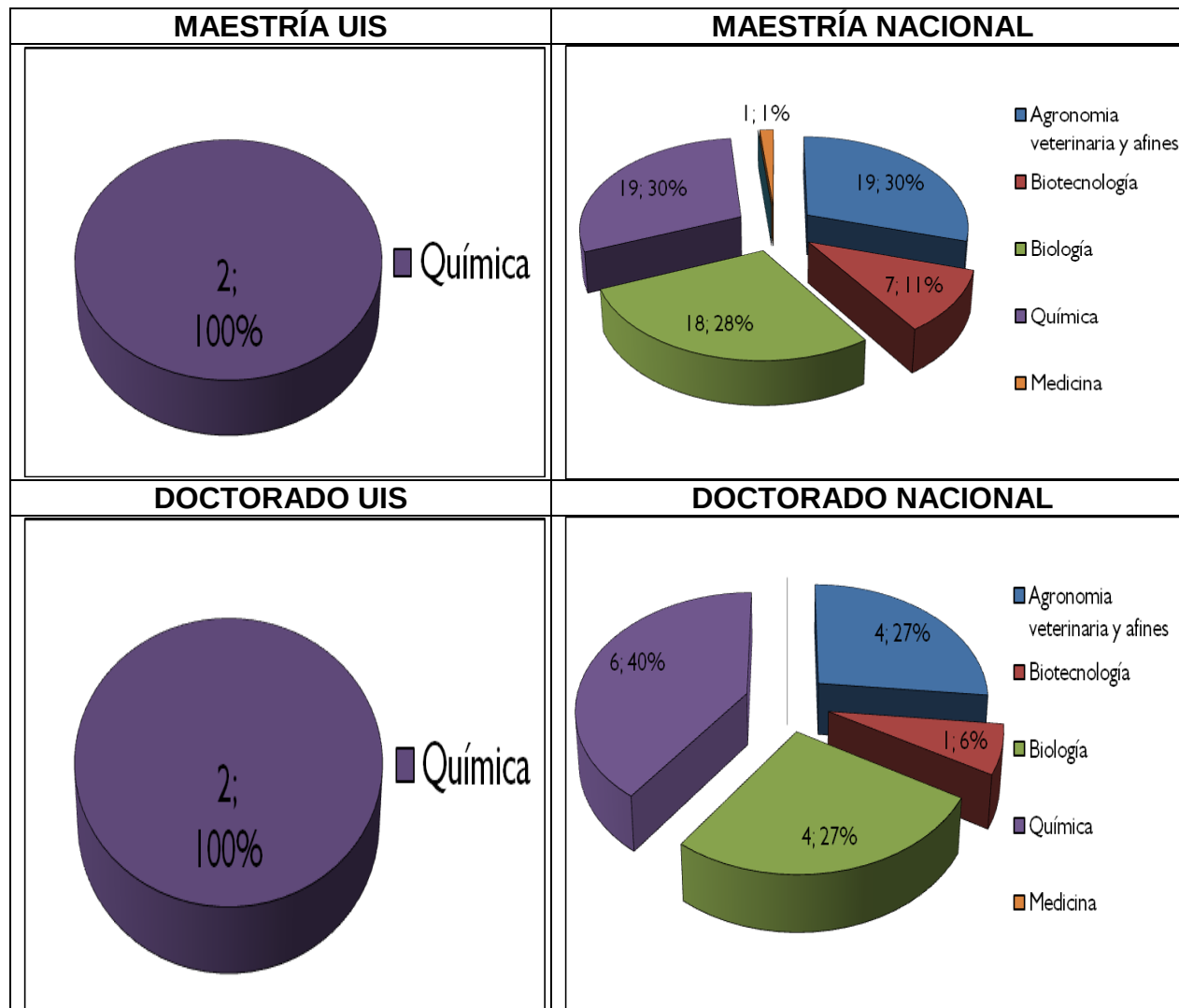
Fuente: Gráficos generados en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 19. Especialización UIS Vs. Especialización nacional



Fuente: Gráficos generados en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 20. Maestrías y doctorados: UIS Vs. Nacional



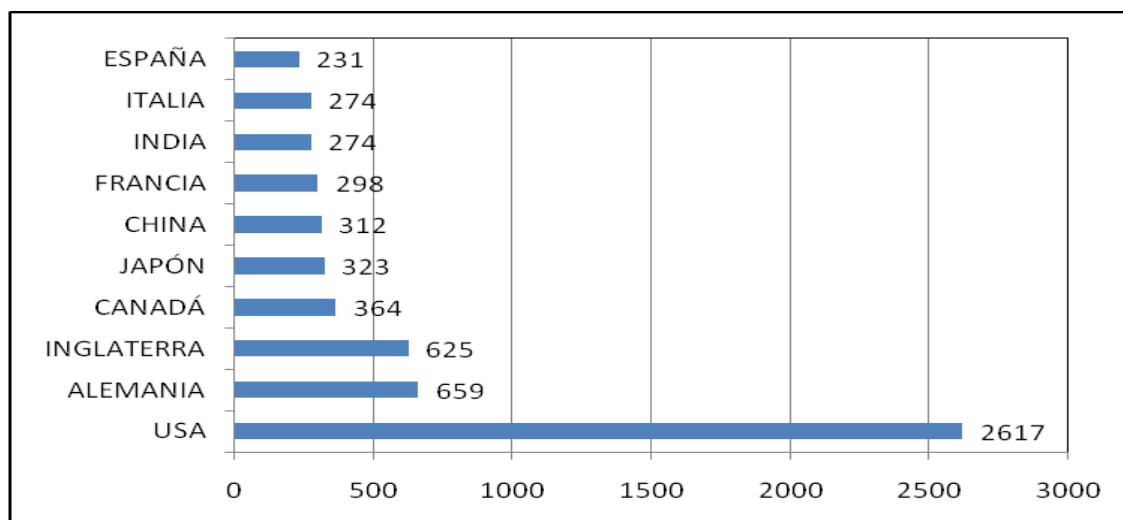
Fuente: Gráficos generados en *Microsoft Excel* con la información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 21. Programas de la UIS asociados a la Biotecnología

PREGRADO		
Nombre Programa	Estado	Municipio
ZOOTECNIA	INACTIVO	BUCARAMANGA
ZOOTECNIA	ACTIVO	MÁLAGA
ZOOTECNIA	INACTIVO	MÁLAGA
ZOOTECNIA	INACTIVO	PAMPLONA
BIOLOGÍA	ACTIVO	BUCARAMANGA
INGENIERÍA QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA
QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA
MEDICINA	ACTIVO	BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN		
Nombre Programa	Estado	Municipio
ESPECIALIZACIÓN EN MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL	ACTIVO	BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA	INACTIVO	BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL	ACTIVO	BUCARAMANGA
ESPECIALIZACIÓN EN MEDICINA INTERNA	ACTIVO	BUCARAMANGA
MAESTRÍA		
Nombre Programa	Estado	Municipio
MAESTRÍA EN QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA
DOCTORADO		
Nombre Programa	Estado	Municipio
DOCTORADO EN QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA
DOCTORADO EN INGENIERÍA QUÍMICA	ACTIVO	BUCARAMANGA

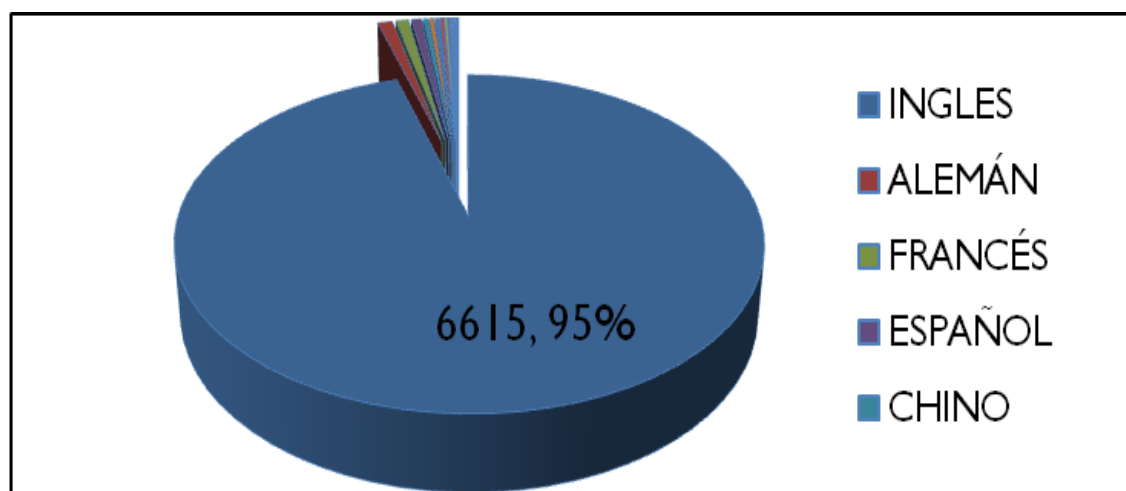
Fuente: Información obtenida en el SNIES, disponible en <<http://200.41.9.227:7777/men/>>.

Anexo 22. Top 10 de los Países con mayor número de artículos sobre Biotecnología (Búsqueda preliminar)



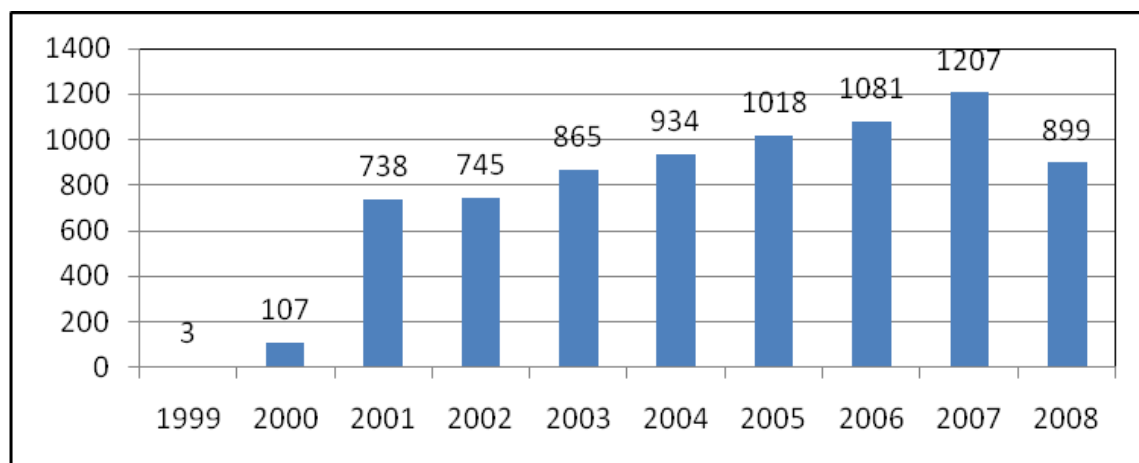
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 23. Lenguaje original de publicación del Artículo



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 24. Dinámica de publicaciones internacionales sobre Biotecnología (Búsqueda Preliminar)



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 25. Países con más de 100 Publicaciones (Búsqueda Avanzada)

#	País	Número de publicaciones
1	USA	1191
2	Germany	522
3	England	318
4	Italy	256
5	India	242
6	Spain	223
7	Peoples R China	219
8	France	210
9	Japan	197
10	Canada	190
11	Brazil	180
12	Australia	129
13	South Korea	121
14	Netherlands	120

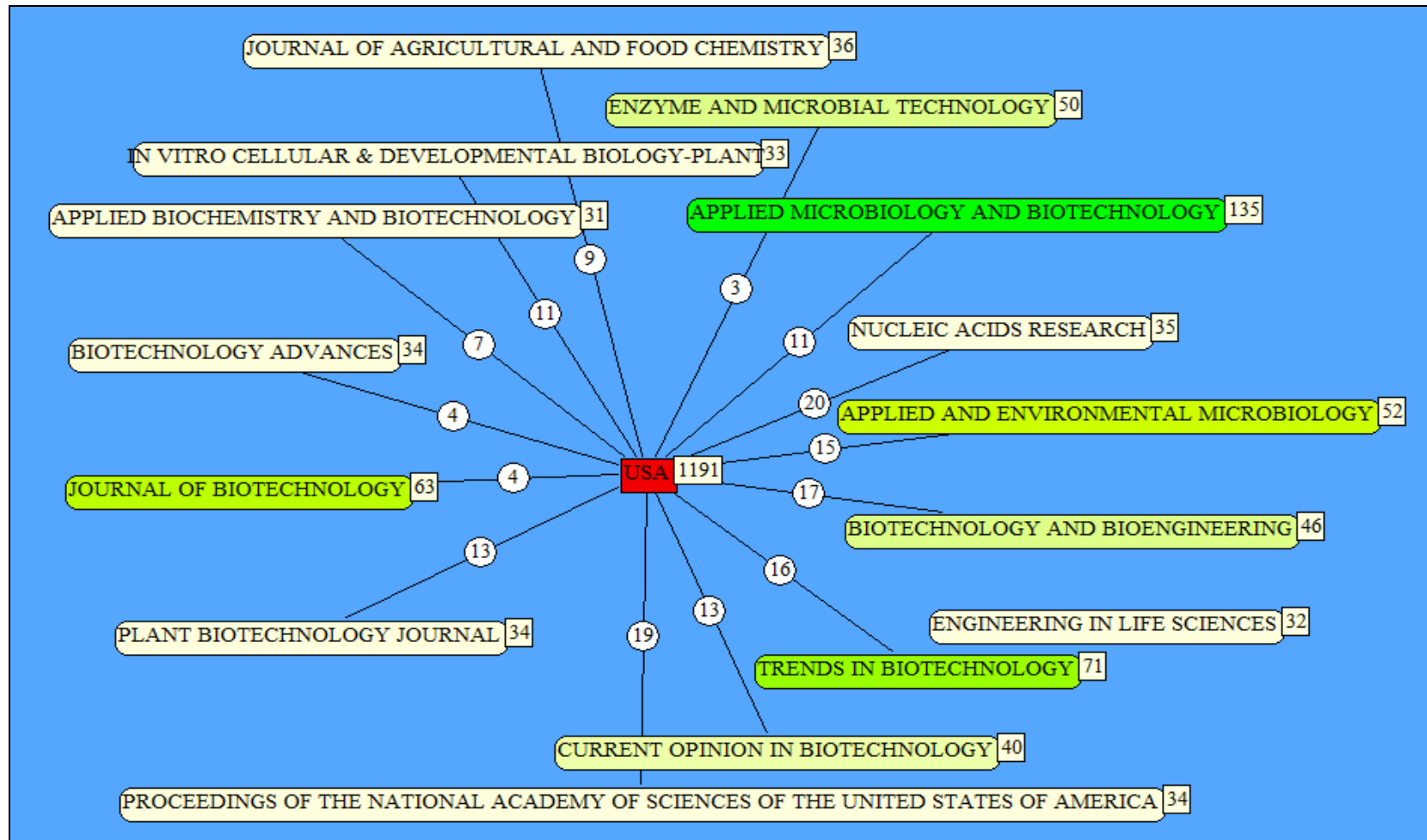
Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 26. Revistas con más de 30 Publicaciones

#	Nombre de la Revista	Frecuencia
1	<i>APPLIED MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY</i>	135
2	<i>TRENDS IN BIOTECHNOLOGY</i>	71
3	<i>JOURNAL OF BIOTECHNOLOGY</i>	63
4	<i>APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY</i>	52
5	<i>ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY</i>	50
6	<i>BIOTECHNOLOGY AND BIOENGINEERING</i>	46
7	<i>CURRENT OPINION IN BIOTECHNOLOGY</i>	40
8	<i>JOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY</i>	36
9	<i>NUCLEIC ACIDS RESEARCH</i>	35
10	<i>PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA</i>	34
11	<i>PLANT BIOTECHNOLOGY JOURNAL</i>	34
12	<i>BIOTECHNOLOGY ADVANCES</i>	34
13	<i>IN VITRO CELLULAR & DEVELOPMENTAL BIOLOGY-PLANT</i>	33
14	<i>ENGINEERING IN LIFE SCIENCES</i>	32
15	<i>APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY</i>	31

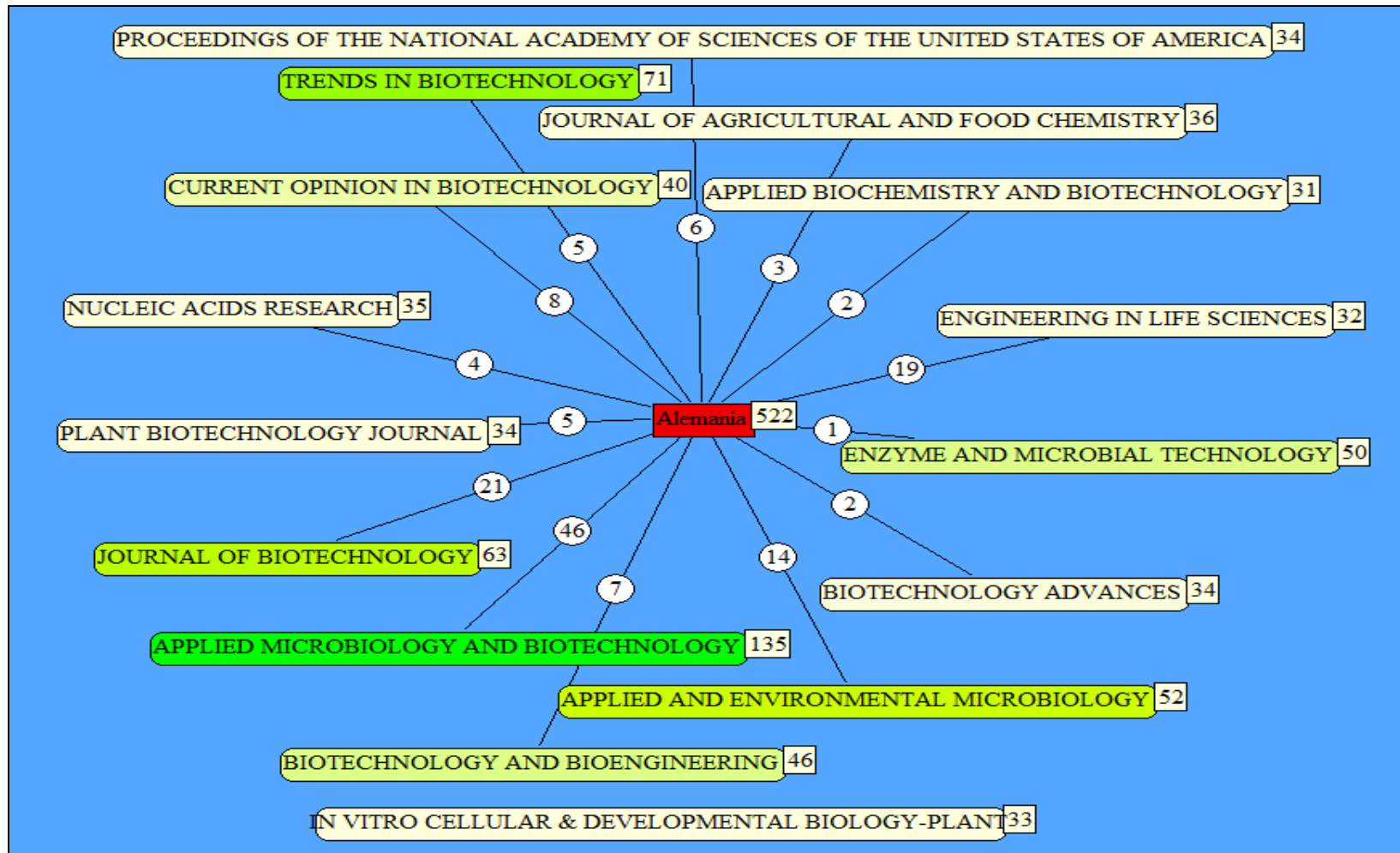
Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 27. USA: Revistas con más de 30 Publicaciones



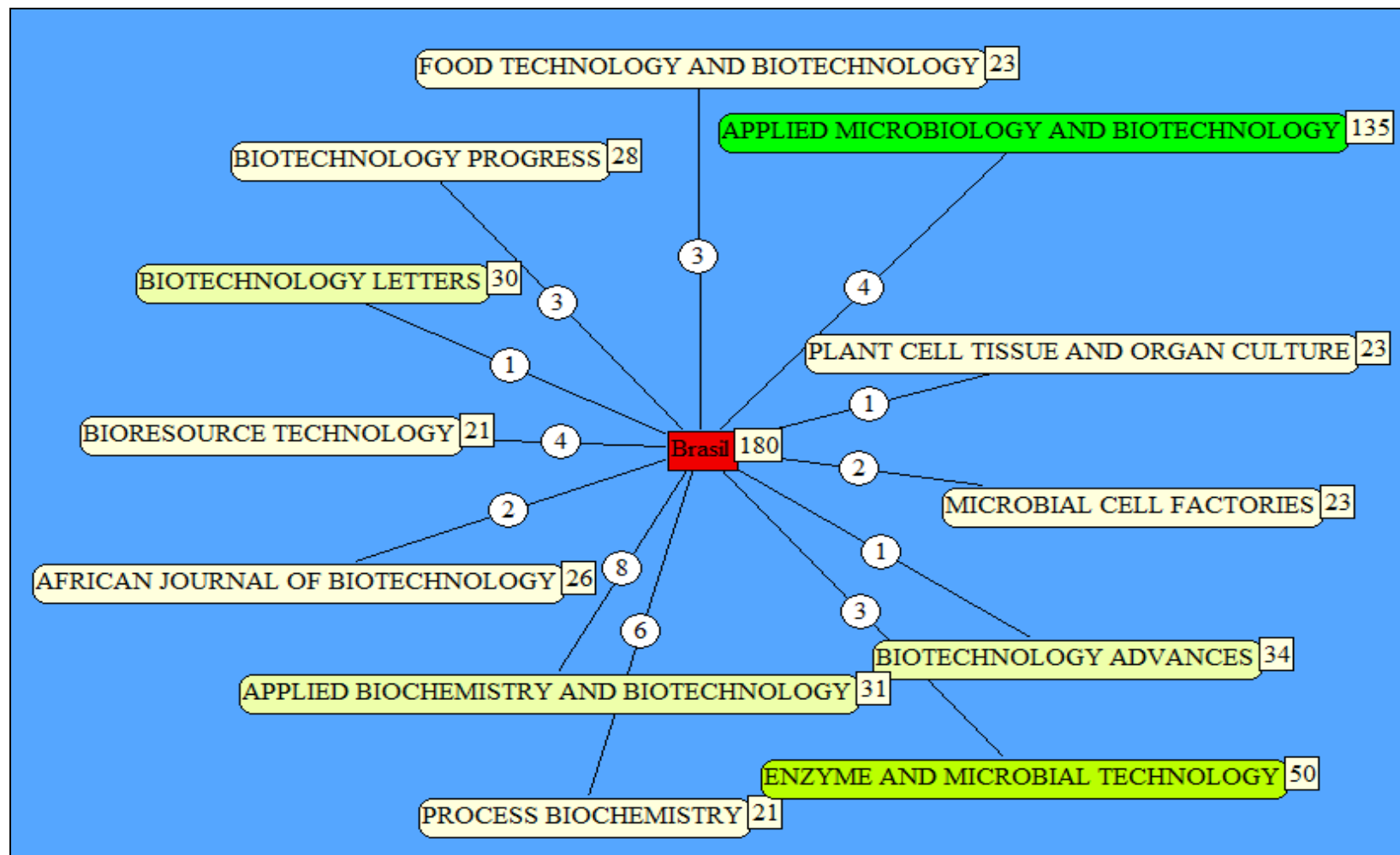
Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 28. Alemania: Revistas con más de 30 Publicaciones



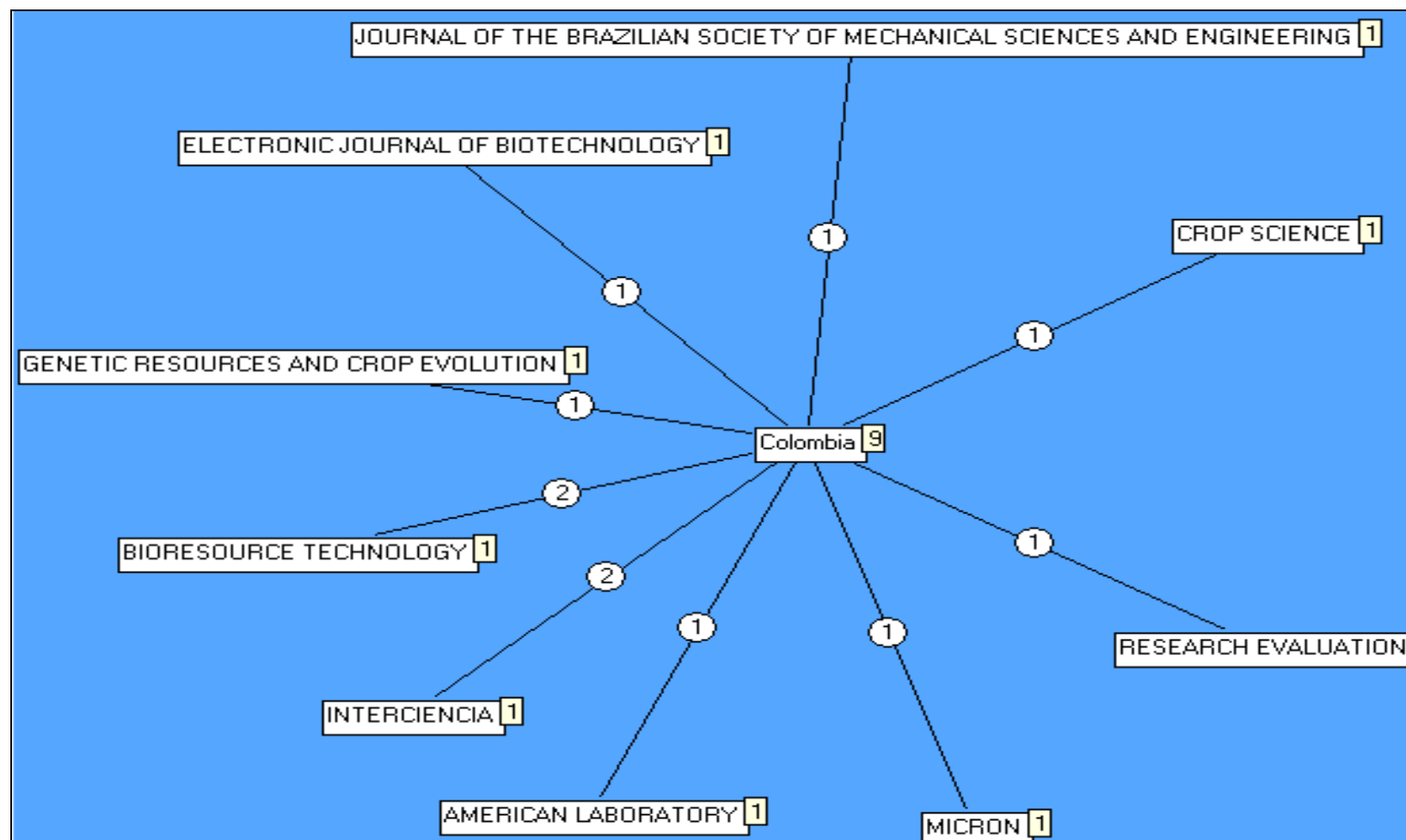
Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 29. Brasil: Revistas con más de 20 Publicaciones



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 30. Colombia: Fuentes de Publicación



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 31. Autores con más de 8 Publicaciones

#	Autor			Número de publicaciones
1	Steinbuchel, Alexander	-	GERMANY	14
2	Converti, Attilio	-	ITALY	11
3	Jaeger, Karl-Erich	-	GERMANY	11
4	Lee, Sang Yup	-	KOREA	9
5	Strauss, Steven H.	-	USA	9
6	Pastor, F. I. Javier	-	SPAIN	8
7	Bernardini, Giovanni	-	ITALY	8
8	Terova, Genciana	-	ITALY	8
9	Saroglia, Marco	-	ITALY	8
10	Gornati, Rosalba	-	ITALY	8
11	Wendisch, Volker F.	-	GERMANY	8

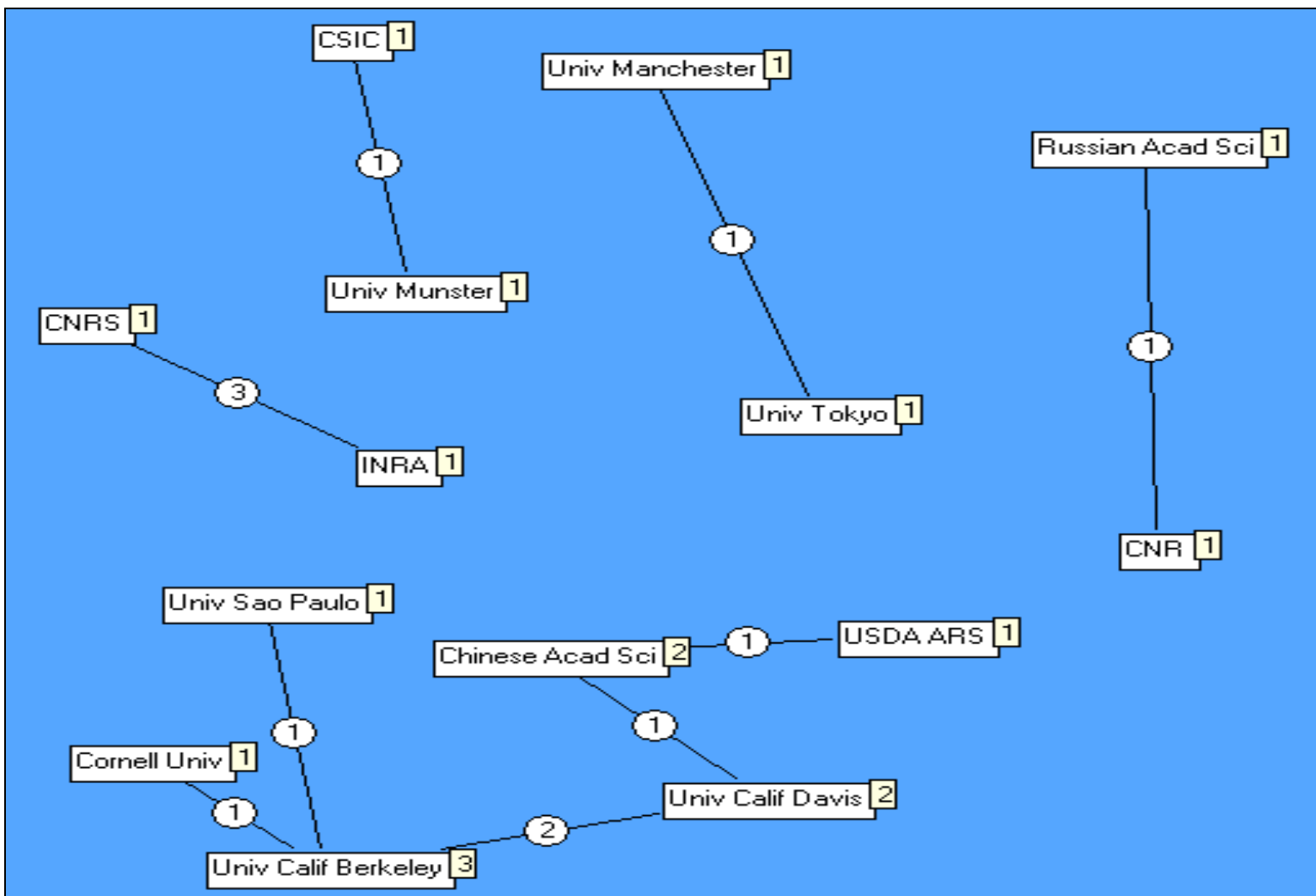
Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 32. Instituciones Líderes en Publicaciones

#	Institución	Número de Publicaciones
1	CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas)	55
2	Chinese Academy of Science	45
3	Russian Academy of Science	44
4	Cornell University	41
5	University of Tokyo	37
6	Universidade de São Paulo	37
7	CNR (National Research Council)	36
8	INRA (Institut National Français para la Investigación Agrícola)	34
9	University of California – Davis	32
10	CNRS (Centro Nacional Francés para la Investigación Científica)	31
11	Monsanto Co.	30
12	University of Münster	28
13	University of Manchester	28
14	University of Florida	28
15	University of California – Berkeley	27
16	USDA ARS (<i>United States Department of Agriculture – Agriculture Research Service</i>)	26

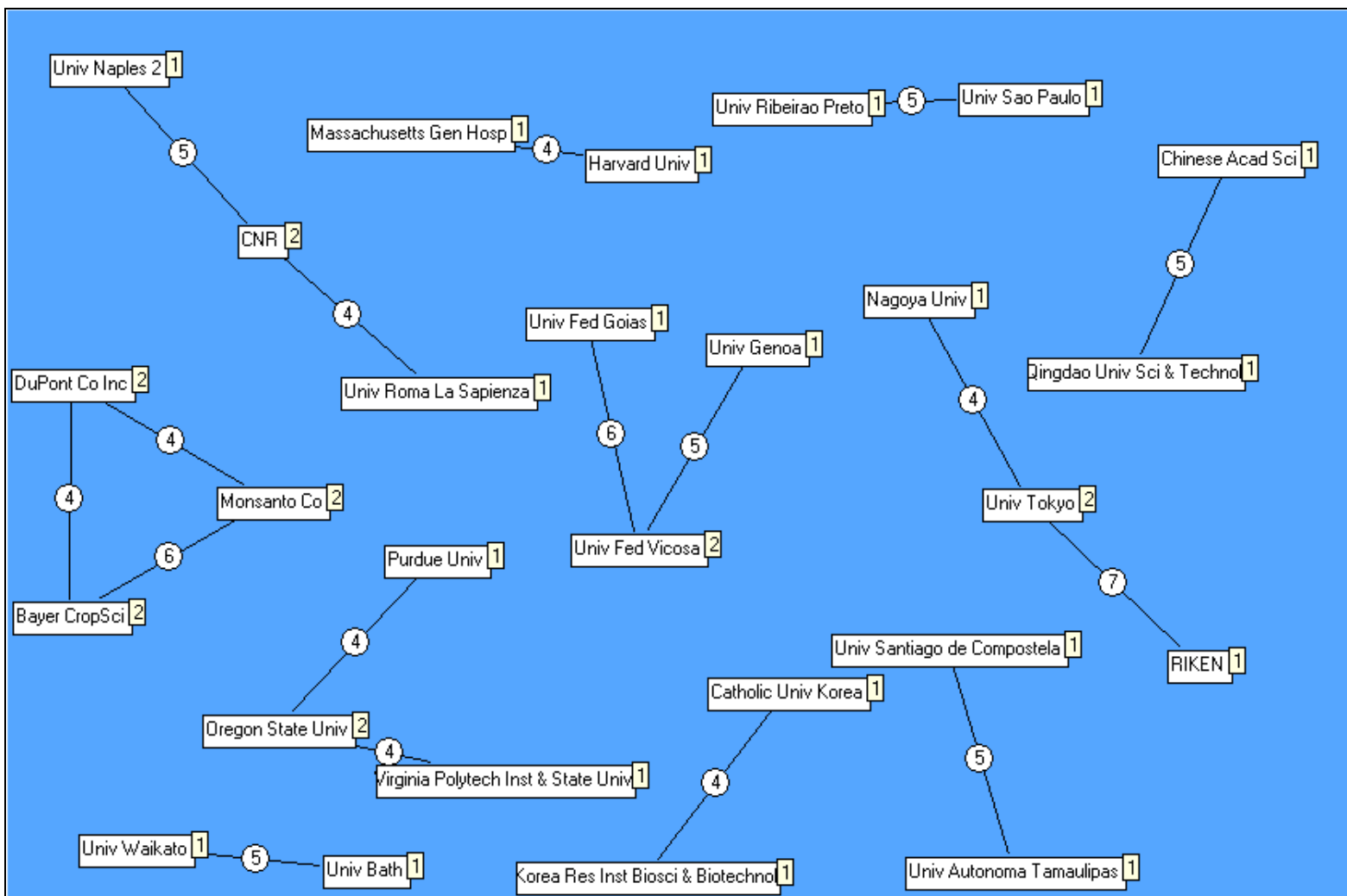
Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 33. Red entre las Instituciones Líderes en Publicaciones



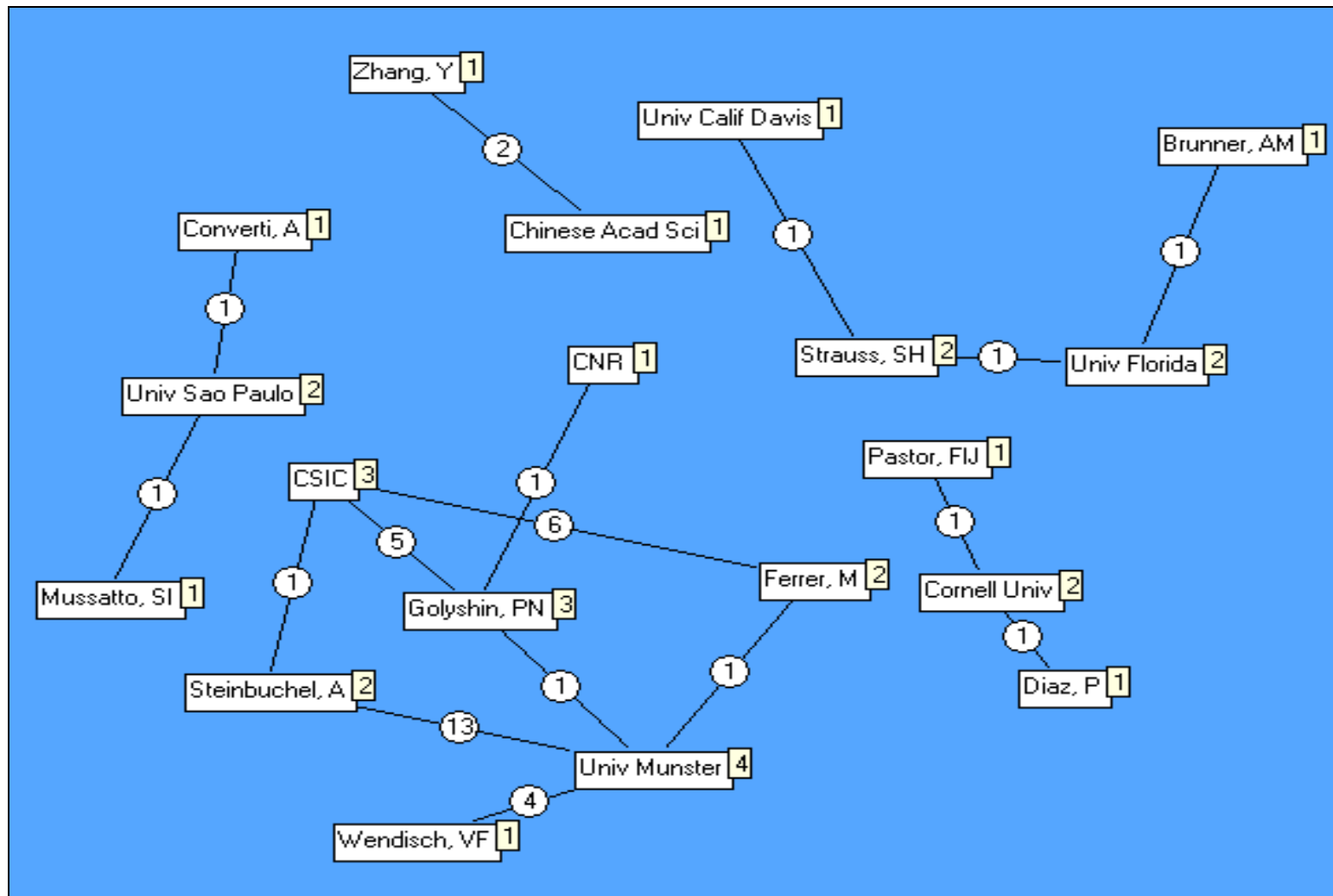
Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 34. Redes entre Instituciones con más de tres colaboraciones



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 35. Red entre Instituciones líderes y Autores líderes



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 36. Temáticas generales en la Biotecnología

No.	ÁREAS GENERALES	Frecuencia
1	GENETICS	1984
2	PROTEOMICS	1430
3	ENZYMES	1350
4	MEDICINE	1215
5	CHEMISTRY	1191
6	MICROORGANISM	1145
7	CELL BIOLOGY	889
8	TECHNOLOGIES	845
9	TECHNIQUES	834
10	IMPORTANT ORGANISM	632
11	FUNGUS	472
12	DEVELOPMENTAL BIOLOGY	443
13	SCIENCE	426
14	PLANT BIOTECHNOLOGY	421
15	FOOD	388
16	INDUSTRY	348
17	ENVIRONMENT CARE	336
18	ANIMAL BIOTECHNOLOGY	305
19	VIRUS	207
20	FERMENTATION	198
21	PUBLIC OPINION	196
22	AGRICULTURE	186
23	MATERIALS	107

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 37. Palabras clave relativas a la Genética
(Continúa en la siguiente página)

GENETICS					
#	Temática	F*	#	Temática	F*
1	GENE – EXPRESSION**	762	8	HYBRIDIZATION	91
2	NUCLEIC ACIDS**	546	9	PCR	83
3	GENETICS TERMS	395	10	GENETICS	83
4	GENES	336	11	GENETIC MARKERS	74
5	TRANSGENICS**	258	12	MUTATION	73
6	GENOMICS**	246	13	MOLECULAR EVOLUTION	53
7	STRAINS - GENETIC VARIANTS	123	14	MUTAGENESIS	48
GENE-EXPRESSION					
#	Palabra Clave	F*	#	Palabra Clave	F*
1	GENE – TRANSCRIPTION	119	12	TRANSGENE EXPRESSION	10
2	HIGH-LEVEL EXPRESSION	23	13	EXPRESSION SYSTEM	10
3	EXPRESSED SEQUENCE	23	14	GENE-EXPRESSION PATTERNS	9
4	GENE-REGULATION	22	15	CONTROLLING GENE-EXPRESSION	7
5	SIGNAL-TRANSDUCTION	18	16	TRANSIENT EXPRESSION	6
6	HETEROLOGOUS GENE-EXPRESSION	17	17	TISSUE-SPECIFIC EXPRESSION	6
7	FUNCTIONAL EXPRESSION	17	18	PLASMINOGEN-ACTIVATOR	6
8	REPORTER	15	19	GENE-EXPRESSION PROFILES	6
9	REPLICATION	15	20	SERIAL ANALYSIS	5
10	PROBES	11	21	EXPRESSION ANALYSIS	5
11	OVEREXPRESSION	11	22	FACTOR EXPRESSION	4
NUCLEIC ACIDS					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	DNA**	324	3	NUCLEOTIDES	96
2	RNA**	186			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 37. (Continuación)
(Página final)

DNA					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	DNA	204	8	DNA-BINDING SPECIFICITIES	7
2	CDNA	31	9	FOREIGN DNA	6
3	DNA MICROARRAYS	20	10	MITOCHONDRIAL-DNA	5
4	T-DNA	17	11	EXOGENOUS DNA	3
5	DNA-SEQUENCES	17	12	DUPLEX DNA	3
6	STRANDED-DNA	16	13	DNA RECOGNITION	3
7	DNA AMPLIFICATION	16			
RNA					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MESSENGER-RNA	55	5	RNA INTERFERENCE	25
2	RNA	53	6	TRANSFER-RNA	8
3	RIBOSOMAL-RNA	31	7	MICRORNAS	7
4	DOUBLE-STRANDED-RNA	28	8	ANTISENSE RNA	5
TRANSGENICS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	TRANSGENIC PLANTS	97	8	TRANSGENIC CORN	12
2	TRANSGENIC TOBACCO PLANTS	31	9	TRANSGENIC POTATO	9
3	TRANSGENIC CROPS	29	10	TRANSGENES	9
4	TRANSGENIC COTTON	25	11	TRANSGENIC MOUSE	9
5	TRANSGENIC FOODS	15	12	TRANSGENICS	9
6	TRANSGENIC ORGANISMS	13	13	TRANSGENIC RICE	7
7	TRANSGENIC ANIMALS	12			
GENOMICS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	GENOME	63	4	HUMAN GENOME	31
2	GENOME SEQUENCE	48	5	METAGENOMICS	9
3	FUNCTIONAL GENOMICS	32			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 38. Palabras clave relativas a la Proteómica
(Continúa en la siguiente página)

PROTEOMICS					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	PROTEINS**	980	10	HYDROGELS	14
2	PROTEIN IDENTIFICATION	171	11	MICROSPHERES	11
3	PROTEIN SEPARATION	153	12	PHOSPHORYLATION	8
4	SEQUENCE-ANALYSIS	152	13	ANALOGS	7
5	BINDING	133	14	PROTEIN CRYSTALLIZATION	6
6	PROTEIN – CHARACTERIZATION**	88	15	PROTEOME	6
7	PROTEOMICS	23	16	DENATURATION	6
8	PROTEIN EXPRESSION	15	17	POSTTRANSLATIONAL MODIFICATIONS	5
9	PROTEOMIC ANALYSIS	14			
PROTEINS					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	AMINO – ACIDS**	147	20	PHOTOSYSTEM - PROTEINS	9
2	PEPTIDES	132	21	LECTIN - PROTEINS	9
3	GREEN FLUORESCENT PROTEIN	50	22	PROTEIN-SYNTHESIS	9
4	GLYCOPROTEINS	44	23	STORAGE PROTEINS	9
5	PROTEIN AGGREGATION	22	24	HYDROLISATE - COLLAGEN	8
6	SUBUNIT	19	25	KERATIN - PROTEIN	8
7	FUSION PROTEIN	18	26	PROTEIN-TRANSPORT	8
8	COLLAGEN	17	27	ZINC-FINGER PROTEINS	7
9	PROTEIN INHIBITORS	16	28	PROTEIN STABILITY	7
10	COAT PROTEIN GENE	14	29	GLOBULAR-PROTEINS	6
11	MOLECULAR CHAPERONES	13	30	PROTEIN SECRETION	6
12	HUMAN-SERUM ALBUMIN	13	31	CARRIER PROTEIN	5
13	PROTEIN ADSORPTION	12	32	PRION PROTEIN	5
14	PROTEIN-PROTEIN INTERACTIONS	12	33	PROTEIN FAMILIES	5
15	PROTEIN-PRODUCTION	11	34	PROTEIN RECEPTORS	5
16	ACTIVATING-INACTIVATING PROTEINS	11	35	MOTIF - PROTEINS	5
17	HETEROLOGOUS PROTEINS	10	36	CONCANAVALIN-A - PROTEIN	4
18	SHOCK PROTEINS	10	37	GENE PROTEINS	4
19	MORPHOGENETIC PROTEIN	10	38	MYOGLOBIN	3

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 38. (Continuación)
(Página final)

AMINO-ACIDS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	LYSIN	25	6	PROLINE	2
2	TYROSINE	15	7	ARGININE	2
3	GLYCINE	10	8	SERINE	2
4	METHIONINE	4	9	L-THREONINE	2
5	TRYPTOPHAN	2			
PROTEIN – CHARACTERIZATION					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MOLECULAR CHARACTERIZATION	36	4	FUNCTIONAL-CHARACTERIZATION	12
2	BIOCHEMICAL-CHARACTERIZATION	20	5	KINETIC CHARACTERIZATION	4
3	STRUCTURAL-CHARACTERIZATION	19			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 39. Frecuencias de las temáticas de la Genética a través de los años

Temática	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
GENE – EXPRESSION	151	145	162	167	137	762
NUCLEIC ACIDS	108	110	119	116	93	546
TRANSGENICS	45	42	55	52	54	258
GENOMICS	52	38	48	63	45	246
HYBRIDIZATION	17	20	20	17	17	91
POLYMERASE CHAIN REACTION	13	17	18	11	24	83
GENETIC MARKERS	11	11	21	20	11	74
MUTATION	15	18	11	16	13	73
MOLECULAR EVOLUTION	10	11	9	15	8	53
MUTAGENESIS	12	11	6	12	7	48

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 40. Palabras clave relativas a la Tecnología Enzimática
(Continúa en la siguiente página)

ENZYMES					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	HYDROLASES**	443	15	COENZYME	15
2	OXIDOREDUCTASES**	324	16	ENZYME-ACTIVITIES	14
3	METABOLISM **	294	17	ENANTIOSELECTIVITY	14
4	TRANSFERASES**	188	18	ISOMERASES	14
5	LIGASES**	106	19	TRYPSIN-INHIBITOR	12
6	INHIBITORS	86	20	ENZYME IMMOBILIZATION	10
7	ENZYMATIC PROCESS	66	21	DEGRADING ENZYMES	9
8	SUBSTRATE	47	22	PSYCHROPHILIC ENZYMES	9
9	BIODEGRADATION	31	23	BRANCHING ENZYME	5
10	LYTIC ENZYMES	30	24	BERBERINE BRIDGE ENZYME	5
11	LYASES	27	25	ENZYME THERAPY	4
12	GLYCOSYLATION	23	26	RECOMBINASE	4
13	THERMOSTABILITY	16	27	REDOX ENZYMES	3
14	LISOZYME	15			
HYDROLASES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	LIPASE	98	10	GLUCURONIDASE	15
2	PROTEASE	85	11	GALACTOSIDASE	13
3	AMYLASE	46	12	TRYPSIN	12
4	CELLULASE	34	13	GLYCOSIDASES	9
5	NUCLEASES	30	14	CHITINASE	9
6	ESTERASE	29	15	BETA-LACTAMASE	8
7	XYLANASE	27	16	INVERTASE	5
8	PHOSPHATASE	18	17	ACYLASE	5
9	GLUCOSIDASE	18	18	CUTINASE	4

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 40. (Continuación)
(Página final)

OXIDOREDUCTASES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	OXIDASE	112	6	CARBOXYLASE	24
2	DEHYDROGENASE	75	7	LACCASE	23
3	REDUCTASE	53	8	GLUCANASE	20
4	OXYGENASE	35	9	HYDROGENASE	7
5	HYDROXYLASES	33	10	LUCIFERASE	5
METABOLISM					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	BIOSYNTHESIS	124	6	DIGESTION - METABOLISM	8
2	ENZYME CATALYSIS	73	7	CELL-WALL BIOSYNTHESIS	7
3	BIOCATALYSIS	37	8	ACID BIOSYNTHESIS	6
4	METABOLITES	28	9	CAFFEINE BIOSYNTHESIS	6
5	CATABOLITE REPRESSION	17	10	CATABOLISM	3
TRANSFERASES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	KINASE	60	4	TRANSGLUTAMINASE	9
2	POLYMERASE	42	5	REVERSE-TRANSCRIPTASE	7
3	PHOSPHORYLASE	12			
LIGASES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	SYNTHASE	82	2	SYNTHETASE	22

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 41. Frecuencias de las temáticas de la Tecnología Enzimática a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>HYDROLASES</i>	87	79	95	96	86	443
<i>OXIDOREDUCTASES</i>	45	60	79	82	58	324
<i>METABOLISM</i>	51	51	75	61	56	294
<i>TRANSFERASES</i>	40	37	36	44	31	188
<i>LIGASES</i>	23	21	20	26	16	106
<i>INHIBITORS</i>	23	12	14	17	20	86
<i>ENZYMATIC PROCESS</i>	12	16	7	15	16	66
<i>SUBSTRATE</i>	11	8	3	16	9	47
<i>BIODEGRADATION</i>	5	3	5	9	9	31
<i>LYTIC ENZYMES</i>	3	3	6	11	7	30
<i>GLYCOSYLATION</i>	8	6	4	2	3	27
<i>LYASES</i>	4	8	5	6	4	23
<i>THERMOSTABILITY</i>	3	1	6	2	4	16
<i>ISOMERASES</i>	3	0	2	6	3	15
<i>LISOZYME</i>	0	5	5	5	0	15
<i>ENZYME-ACTIVITIES</i>	5	2	2	1	4	14
<i>ENANTIOSELECTIVITY</i>	1	2	1	5	5	14
<i>TRYPSIN-INHIBITOR</i>	3	1	2	5	1	14
<i>COENZYME</i>	4	3	1	4	3	12
<i>ENZYME IMMOBILIZATION</i>	1	3	2	3	1	10
<i>DEGRADING ENZYMES</i>	2	0	3	2	3	9
<i>PSYCHROPHILIC ENZYMES</i>	2	1	2	2	2	9
<i>BRANCHING ENZYME</i>	2	1	1	0	1	5
<i>BERBERINE BRIDGE ENZYME</i>	1	0	1	1	2	5
<i>ENZYME THERAPY</i>	0	1	2	0	1	4
<i>RECOMBINASE</i>	1	1	1	1	0	4
<i>REDOX ENZYMES</i>	0	0	1	2	0	3

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 42. Palabras clave relativas a la Medicina
(Continúa en la siguiente página)

MEDICINE					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	DISEASES**	405	14	INFECTIONS**	53
2	IMMUNOLOGY**	196	15	BIOPHARMACEUTICALS**	37
3	ANTIBODIES**	139	16	ANTIBIOTICS**	34
4	MEDICINE TERMS**	125	17	HEALTH	33
5	DRUGS**	97	18	HORMONES**	33
6	TOXICOLOGY	96	19	MUSCLES	28
7	BLOOD**	83	20	HAIR**	23
8	THERAPEUTICS**	80	21	INTERFERON	22
9	VACCINES**	71	22	INSULIN	17
10	ORGANS**	63	23	DIAGNOSTICS	16
11	STEM-CELLS**	57	24	BONE-MARROW	16
12	NERVOUS-SYSTEM**	56	25	MICROCAPSULES	16
13	TUMORS	56			
DISEASES					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	CANCER**	144	13	DIABETES	8
2	AIDS	31	14	CORONARY-ARTERY-DISEASE	7
3	HEPATITIS	23	15	PARKINSONS-DISEASE	6
4	TUBERCULOSIS	22	16	EPILEPSY	5
5	DISEASE-RESISTANCE	17	17	FACTOR-BETA - GROWTH - DISEASE	5
6	LEUKEMIA	17	18	ATHEROSCLEROSIS	4
7	SALMONELLA	17	19	MULTIPLE-SCLEROSIS	4
8	INFLUENZA	16	20	SARCOMA DISEASE	4
9	ALZHEIMERS-DISEASE	11	21	NEISSERIA-MENINGITIDIS	3
10	ARTHRITIS	10	22	ATOPIC-DERMATITIS	3
11	VULGARIS – ACNE	9	23	MALARIA	2
12	CYSTIC-FIBROSIS	8			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 42. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

CANCER					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CARCINOMA	30	7	COLORECTAL-CANCER	8
2	BREAST-CANCER	24	8	MELANOMA	7
3	CANCER-CELLS	17	9	CANCER-THERAPY	6
4	LUNG-CANCER	12	10	OVARIAN-CANCER	6
5	LYMPHOMA	11	11	GEFITINIB	3
6	PROSTATE-CANCER	11	12	MULTIPLE-MYELOMA	2
IMMUNOLOGY					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	ANTIGEN	83	6	IMMUNE-RESPONSES	17
2	PATHOGENS	32	7	IMMUNOGLOBULIN	16
3	IMMUNOASSAY	30	8	IMMUNOTHERAPY	6
4	IMMUNOGENICITY	21	9	IMMUNOSENSOR	6
5	IMMUNIZATION	19			
ANTIBODIES					
#	Palabra clave				F*
1	MONOCLONAL ANTIBODIES				60
MEDICINE TERMS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CLINICAL-TRIAL	15	6	PULMONARY	7
2	BONE	14	7	VASCULAR GRAFTS	6
3	SECRETION GLANDS	10	8	PAPAVER-SOMNIFERUM	5
4	VENOMS	9	9	PLACEBO	5
5	MYOCARDY	7	10	PENICILLIUM	4
DRUGS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	DRUG-DELIVERY	44	3	DRUG-RESISTANCE	11
2	DRUG DISCOVERY	19			
BLOOD					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	T-CELLS	21	2	HEMOGLOBIN	10

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 42. (Continuación)
(Página final)

THERAPEUTICS							
#	Palabra clave				F*		
1	GENE-THERAPY				19		
VACCINES							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	DNA VACCINES		8	2	INOCULATION		4
ORGANS							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	LIVER		24	5	LUNG		5
2	GLANDS		11	6	BRAIN		4
3	PANCREAS		8	7	KIDNEY		2
4	SKIN		7	8	BREAST		2
STEM-CELLS							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	EMBRYONIC STEM-CELLS		17	2	MESENCHYMAL STEM-CELLS		11
NERVOUS-SYSTEM							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	NEURONS		44	2	NERVES		10
INFECTIONS							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	ANTIMICROBIAL ACTIVITY		14	2	ANTIBACTERIAL ACTIVITY		6
BIOPHARMACEUTICALS							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	PHARMACEUTICAL PROTEINS		5	2	PHARMACEUTICAL-INDUSTRY		5
ANTIBIOTICS							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	CEPHALOSPORIN-C ANTIBIOTIC		6	2	PEPTIDE ANTIBIOTICS		6
HORMONES							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	PROGESTERONE		6	2	CORTISOL		4
HAIR							
#	Palabra clave		F*	#	Palabra clave		F*
1	HAIR FOLLICLES		11	2	HAIR FOLLICLE-STIMULATING-HORMONE		8

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 43. Frecuencias de las temáticas de la Medicina a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>DISEASES</i>	76	73	71	98	87	405
<i>IMMUNOLOGY</i>	42	42	51	29	32	196
<i>ANTIBODIES</i>	35	29	25	34	16	139
<i>MEDICINE TERMS</i>	22	26	27	28	22	125
<i>DRUGS</i>	14	17	23	26	17	97
<i>TOXICOLOGY</i>	13	16	20	28	19	96
<i>BLOOD</i>	13	24	18	19	9	83
<i>THERAPEUTICS</i>	12	16	18	19	15	80
<i>VACCINES</i>	12	23	16	10	10	71
<i>ORGANS</i>	13	12	20	13	5	63
<i>STEM-CELLS</i>	13	13	9	13	9	57
<i>NERVOUS-SYSTEM</i>	12	7	8	15	14	56
<i>TUMORS</i>	12	13	12	10	9	56
<i>INFECTIONS</i>	9	12	12	12	8	53
<i>BIOPHARMACEUTICALS</i>	7	7	8	7	8	37
<i>ANTIBIOTICS</i>	5	3	4	14	8	34
<i>HEALTH</i>	10	6	10	4	3	33
<i>HORMONES</i>	7	7	5	5	9	33
<i>MUSCLES</i>	2	5	6	8	7	28
<i>HAIR</i>	4	4	5	3	7	23
<i>INTERFERON</i>	3	3	6	8	2	22
<i>INSULIN</i>	3	7	2	3	2	17
<i>DIAGNOSTICS</i>	4	1	3	4	4	16
<i>BONE-MARROW</i>	3	3	5	3	2	16
<i>MICROCAPSULES</i>	3	5	2	3	3	16

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>

Anexo 44. Frecuencias de las enfermedades a través de los años

Tópico	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
CANCER	28	22	23	43	28	144
AIDS	6	5	10	8	3	31
HEPATITIS	6	5	7	1	4	23
TUBERCULOSIS	3	8	2	6	3	22
DISEASE-RESISTANCE	3	2	4	1	7	17
LEUKEMIA	5	2	1	2	7	17
SALMONELLA	4	3	5	4	1	17
INFLUENZA	5	5	2	2	2	16
ALZHEIMERS-DISEASE	1	2	4	3	1	11
ARTHRITIS	2	1	1	6	0	10
VULGARIS - ACNE	1	0	2	1	5	9
CYSTIC-FIBROSIS	1	1	0	3	3	8
DIABETES	0	3	1	2	2	8
CORONARY-ARTERY-DISEASE	3	1	1	2	0	7
PARKINSONS-DISEASE	1	0	1	2	2	6
EPILEPSY	0	0	1	1	3	5
FACTOR-BETA - GROWTH - DISEASE	1	1	1	2	0	5
ATHEROSCLEROSIS	0	2	1	0	1	4
MULTIPLE-SCLEROSIS	0	0	0	3	1	4
SARCOMA DISEASE	1	1	0	1	1	4
NEISSERIA-MENINGITIDIS	0	1	0	1	1	3
ATOPIC-DERMATITIS	2	0	0	1	0	3
MALARIA	1	0	0	1	0	2

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 45. Palabras clave relativas a la Química
(Continúa en la siguiente página)

CHEMISTRY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	CHEMICAL COMPOUNDS**	599	4	CHEMICAL ELEMENTS	197
2	CHEMICAL REACTIONS**	277	5	MOLECULES**	151
3	CARBOHYDRATES**	249	6	POLYMERS**	118
CHEMICAL COMPOUNDS					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	ACIDS**	244	10	OXIDE	17
2	ORGANIC COMPOUNDS**	148	11	LIGNIN	15
3	ETHANOL	50	12	ALCOHOLS	15
4	PEROXIDE	27	13	POLY(ETHYLENE GLYCOL)	14
5	PHOSPHATES	24	14	LACTONE	8
6	ALKALOIDS	21	15	AMIDES	7
7	PHENOLS	21	16	GLYCEROL	5
8	ESTERS	19	17	SALT	5
9	METHYL	17	18	LIGNANS	4
ACIDS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	FATTY-ACIDS	50	3	SULFATES - ACIDS	12
2	LACTIC ACID	27	4	CITRIC-ACID	7
ORGANIC COMPOUNDS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	HYDROCARBONS	33	9	FERULIC ACID	6
2	FLAVIN – VITAMINS	21	10	ASCORBIC-ACID	6
3	PHENYLS	19	11	SUCCINIC ACID	5
4	CARBON-DIOXIDE	15	12	VANILLIN	5
5	XYLITOL	11	13	ORGANIC-ACIDS	5
6	VITAMINS	9	14	CARBON-MONOXIDE	3
7	SURFACTANTS	9	15	POLYPYRROLE	2
8	BIOSURFACTANTS	7	16	EUGENOL	2

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 45. (Continuación)
(Página final)

CHEMICAL REACTIONS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	HYDROLYSIS	60	5	OXIDATIVE STRESS	15
2	SYNTHESIS	43	6	PHOTOSYNTHESIS	10
3	OXIDATION	28	7	ORGANIC-SYNTHESIS	5
4	METHYLATION	19			
CARBOHYDRATES					
#	Temáticas	F*	#	Palabra clave	F*
1	POLYSACCHARIDES**	86	4	SUGAR	29
2	MONOSACCHARIDES**	70	5	STARCH	18
3	OLIGOSACCHARIDES**	43	6	DEXTRINS	8
POLYSACCHARIDES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CELLULOSE	30	3	GLUCANS	5
2	CHITOSAN	8	4	GLYCANS	5
MONOSACCHARIDES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	GLUCOSE	37	3	FRUCTOSE	5
2	XYLOSE	29	4	GALACTOSE	4
OLIGOSACCHARIDES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	TREHALOSE	6	3	SUCROSE	2
2	LACTOSE	5			
MOLECULES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	LIPIDS	43	5	MOLECULAR-INTERACTIONS	4
2	MOLECULAR-BIOLOGY	16	6	MOLECULAR-BASIS	4
3	MOLECULAR-DYNAMICS	11	7	MACROMOLECULES	2
4	CHOLESTEROL	9			
POLYMERS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	POLYMERIZATION	24	4	POLYHYDROXYALKANOATES	12
2	COPOLYMERS	23	5	PROTEIN-BASED POLYMERS	5
3	POLYHYDROXYBUTYRATE	19	6	WATER-SOLUBLE POLYMERS	4

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 46. Palabras clave relativas a los Microorganismos
(Continúa en la siguiente página)

MICROORGANISM					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	BACTERIUM**	1015	7	ARCHAEA**	17
2	MICROBES**	48	8	SOIL METAGENOME	11
3	MICROBIOLOGY	38	9	EXTREMOPHILES	10
4	BIOTRANSFORMATION	28	10	UNCULTURED MICROORGANISMS	9
5	PARASITES**	26	11	RHIZOSPHERE - SOIL	8
6	BIOFILMS	26	12	CHEMOSTAT CULTURES	7
BACTERIUM					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	ESCHERICHIA-COLI	388	21	GLUCONOBACTER-OXYDANS	10
2	BACILLUS**	152	22	REDUCING BACTERIUM	9
3	PSEUDOMONAS**	108	23	ZYMOMONAS	9
4	AGROBACTERIUM**	98	24	HELICOBACTER-PYLORI	8
5	STREPTOMYCES	34	25	THERMOTOGA-MARITIMA	7
6	LACTIC-ACID BACTERIA	32	26	BREVIBACTERIUM	6
7	THERMOPHILUS	30	27	ALTEROMONAS	6
8	STREPTOCOCCUS	26	28	BACTERIAL-CELLS	6
9	CORYNEBACTERIUM-GLUTAMICUM	21	29	MYCOBACTERIUM	5
10	LACTOCOCCUS-LACTIS	21	30	GEOBACTER-SULFURREDUCTENS	4
11	ALCALIGENES	20	31	OXIDIZING BACTERIUM	4
12	CLOSTRIDIUM	18	32	PSYCHROPHILIC BACTERIA	4
13	GRAM-NEGATIVE BACTERIA	17	33	BACTERIAL RESISTANCE	4
14	SUBTILIS	17	34	HALOTOLERANT	4
15	MARINE BACTERIUM	13	35	BACTERIAL SYMBIONTS	4
16	GRAM-POSITIVE BACTERIA	13	36	BACTERIAL-DEGRADATION	3
17	ACINETOBACTER	12	37	HALOMONAS	3
18	BACTERIOPHAGE	11	38	SUCCINICIPRODUCENS	3
19	CYANOBACTERIA	11	39	FAECALIS	2
20	RHIZOBACTERIA	11			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 46. (Continuación)
(Página final)

BACILLUS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	BACILLUS-SUBTILIS	32	4	BACILLUS SP	10
2	BACILLUS-THURINGIENSIS	30	5	BACILLUS-MEGATERIUM	9
3	LACTOBACILLUS	22	6	BACILLUS-LICHENIFORMIS	7
PSEUDOMONAS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	PSEUDOMONAS-AERUGINOSA	34	2	RALSTONIA-EUTROPHA	5
AGROBACTERIUM					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	AGROBACTERIUM-TUMEFACIENS	44	3	AGROBACTERIUM-RHIZOGENES	8
2	AGROBACTERIUM-MEDIATED TRANSFORMATION	42			
MICROBES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MICROBIAL COMMUNITIES	15	2	MICROBIAL PRODUCTION	4
PARASITES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	PLASMODIUM-FALCIPARUM	9	2	TRYPANOSOMAS	9
ARCHAEA					
#	Palabra clave				F*
1	SULFOLOBUS				12

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 47. Frecuencias de los Microorganismos a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
BACTERIUM	159	211	223	212	210	1015
MICROBES	11	10	9	7	11	48
MICROBIOLOGY	5	4	4	14	11	38
BIOTRANSFORMATION	3	8	5	10	2	28
PARASITES	7	2	6	5	6	26
BIOFILMS	3	6	6	3	8	26
ARCHAEA	5	2	4	4	2	17
SOIL METAGENOME	5	3	1	1	1	11
EXTREMOPHILES	3	3	1	3	0	10
UNCULTURED MICROORGANISMS	0	2	3	1	3	9
RHIZOSPHERE - SOIL	2	0	2	3	1	8

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 48. Palabras clave relativas a la Biología Celular

CELL BIOLOGY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	CELLS	263	10	EXTRACELLULAR ACTIVITIE	28
2	MEMBRANES**	154	11	FIBROBLASTS	23
3	CELL BIOLOGY TERMS**	136	12	CHLOROPLASTS	23
4	TISSUE CULTURES**	105	13	ENDOTHELIAL-CELLS	18
5	CELL CULTURE**	93	14	EPITHELIAL-CELLS	17
6	TISSUES	60	15	PROTOPLASTS	17
7	MAMMALIAN-CELLS	57	16	CELLULAR PROTEINS	16
8	CELL-WALL	34	17	SOMATIC-CELLS	12
9	CELL-DEATH	29			
MEMBRANES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CYTOCHROME	29	5	PERMEABILITY	8
2	MEMBRANE-PROTEINS	19	6	ENDOCYTOSIS	3
3	OUTER-MEMBRANE	8	7	CYTOPLASMIC MEMBRANE	3
4	ULTRAFILTRATION MEMBRANES	8			
CELL BIOLOGY TERMS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CELL-ADHESION	16	9	OSTEOBLASTS	7
2	INTRACELLULAR ACTIVITIE	13	10	CELL IMMOBILIZATION	7
3	CELL-LINES	12	11	RIBOSOMES	6
4	ENDOPLASMIC-RETICULUM	11	12	VESICLES	6
5	LIVING CELLS	11	13	HUMAN CELLS	6
6	CELL-CYCLE	10	14	DENDRITIC CELLS	5
7	CELL-SURFACE	9	15	AGGLUTINATION	4
8	MITOCHONDRIA	7			
TISSUE-CULTURES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	TOBACCO TISSUE CULTURES	4	2	SOMACLONAL VARIATION	4
CELL-CULTURE					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CELL-SUSPENSION CULTURES	60	2	MICROCARRIERS	5

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 49. Palabras clave relativas a las Tecnologías
(Continúa en la siguiente página)

TECHNOLOGIES					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	NANOTECHNOLOGY**	177	12	ELECTRODES	25
2	CRYSTALLOGRAPHY	144	13	ENCAPSULATION	23
3	MASS – SPECTROMETRY**	92	14	X-RAY	18
4	BIOSENSORS	91	15	ELECTRONICS	17
5	ELECTROPHORESIS**	85	16	CHIP	15
6	CHROMATOGRAPHY**	79	17	MAGNETIC RESONANCE	14
7	SPECTROSCOPY**	74	18	SPECTRUM	13
8	MICROSCOPY	68	19	LASER	12
9	BIOINFORMATICS**	65	20	SCATTERING	10
10	BIOREACTORS	53	21	POSITRON-EMISSION-TOMOGRAPHY	6
11	MICROARRAY TECHNOLOGIES	31			
NANOTECHNOLOGY					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	NANOPARTICLES	63	8	NANOSTRUCTURES	8
2	SELF-ASSEMBLED MONOLAYERS	25	9	NANOCRYSTALS	7
3	CARBON NANOTUBES	20	10	NANOFIBERS	7
4	SURFACE-PLASMON RESONANCE	18	11	NANOTUBES	6
5	LIPOSOMES	13	12	COLLOIDAL GOLD	3
6	NANOLITHOGRAPHY	9	13	NANOSENSORS	3
7	NANOWIRES	8			
MASS-SPECTROMETRY					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	IONIZATION-MASS-SPECTROMETRY	9	3	FLIGHT MASS-SPECTROMETRY	7
2	CHROMATOGRAPHY-MASS-SPECTROMETRY	7	4	QUANTITATION MASS-SPECTROMETRY	6
ELECTROPHORESIS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CAPILLARY-ELECTROPHORESIS	22	4	2-DIMENSIONAL GEL-ELECTROPHORESIS	10
2	GEL-ELECTROPHORESIS	20	5	ZONE-ELECTROPHORESIS	7
3	GRADIENT ELECTROPHORESIS	GEL-11	6	2-DIMENSIONAL ELECTROPHORESIS	5

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 49. (Continuación)
(Página final)

CHROMATOGRAPHY					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	LIQUID-CHROMATOGRAPHY	31	4	EXCLUSION CHROMATOGRAPHY	5
2	AFFINITY-CHROMATOGRAPHY	14	5	GAS-CHROMATOGRAPHY	4
3	ION-EXCHANGE CHROMATOGRAPHY	14			
SPECTROSCOPY					
#	Palabra clave				F*
1	INFRARED-SPECTROSCOPY				18
BIOINFORMATICS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	SEQUENCE ALIGNMENT	19	5	ANALYSIS SYSTEMS	9
2	COMPUTATION	10	6	MUTATIONAL ANALYSIS	5
3	MICROARRAY DATA	9	7	SOFTWARE	2
4	BLAST	9			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 50. Frecuencias de las temáticas de la Tecnología a través de los años

Temática	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
NANOTECHNOLOGY	25	23	42	37	37	164
CRYSTALLOGRAPHY	29	25	33	31	26	144
MASS – SPECTROMETRY	12	16	20	25	19	92
BIOSENSORS	15	18	24	20	14	91
ELECTROPHORESIS	15	14	11	27	18	85
CHROMATOGRAPHY	15	10	21	22	11	79
SPECTROSCOPY	14	12	18	9	21	74
MICROSCOPY	17	10	13	22	6	68
BIOINFORMATICS	11	8	12	16	18	65
BIOREACTORS	7	8	9	17	12	53
MICROARRAY TECHNOLOGIES	7	4	6	4	10	31
ELECTRODES	3	4	9	7	2	25
ENCAPSULATION	3	6	3	5	6	23
X-RAY	4	4	3	4	3	18
ELECTRONICS	4	2	3	4	4	17
CHIP	2	0	5	3	5	15
MAGNETIC RESONANCE	1	3	5	3	2	14
SPECTRUM	3	3	5	2	0	13
LASER	0	3	5	2	2	12
SCATTERING	0	3	2	3	2	10
POSITRON-EMISSION-TOMOGRAPHY	0	1	2	2	1	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 51. Frecuencias de las temáticas de las Técnicas a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
IN-VITRO	66	72	68	66	60	332
RECOMBINANT DNA TECHNIQUE	62	54	61	78	58	313
IN-VIVO	15	16	28	27	24	110
PCR	13	17	18	11	24	83
FLOW-CYTOMETRY	2	3	0	5	4	14
RESPONSE-SURFACE METHODOLOGY	2	1	4	1	3	11
CRYOPRESERVATION	3	2	1	3	1	10
ELECTROPORATION	2	0	2	1	3	8
ELECTROROTATION	0	0	1	1	1	3

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 52. Palabras clave relativas a las Técnicas

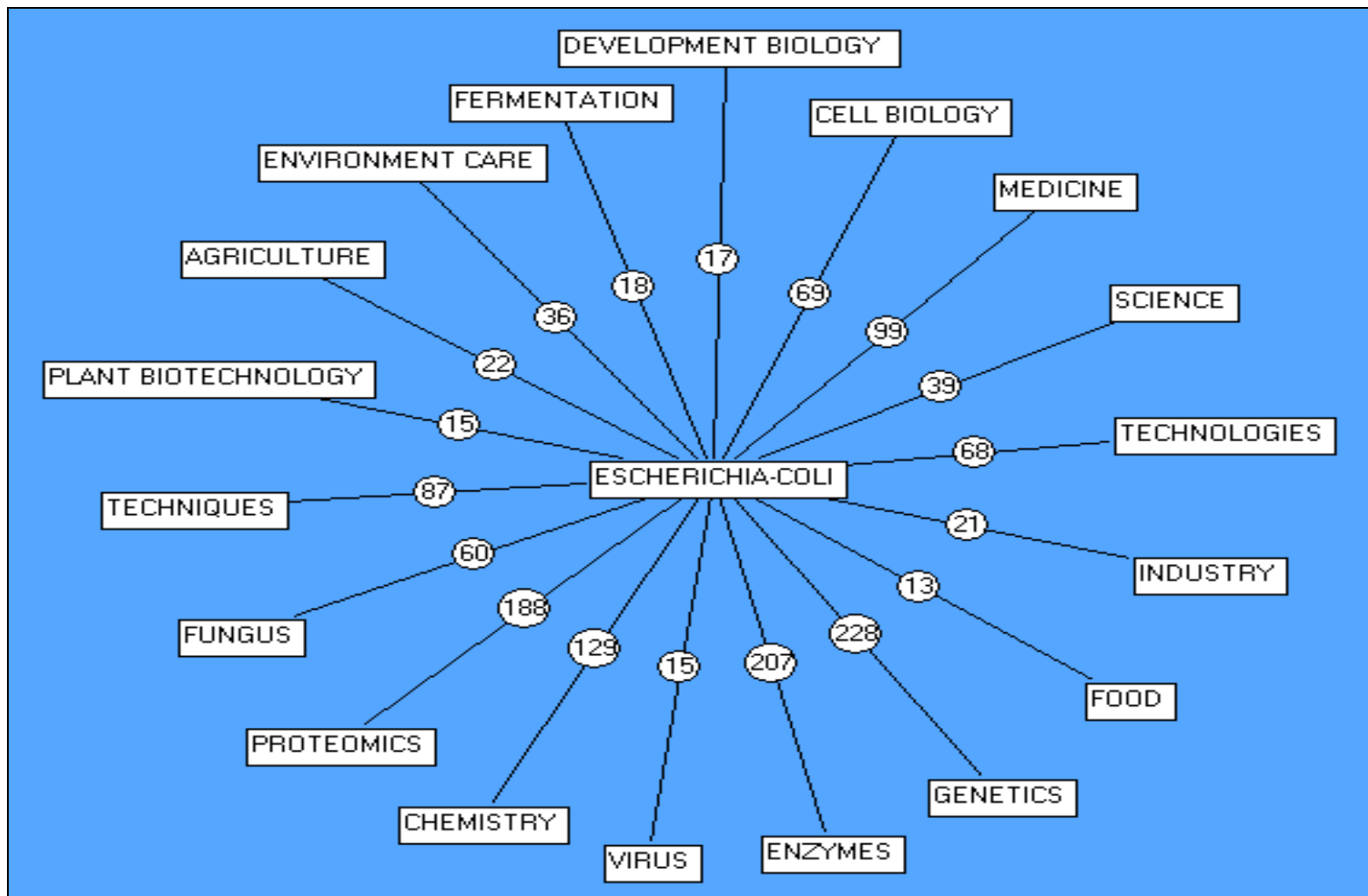
TECHNIQUES					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	IN-VITRO**	332	6	RESPONSE-SURFACE METHODOLOGY	11
2	RECOMBINANT DNA TECHNIQUE**	313	7	CRYOPRESERVATION	10
3	IN-VIVO	110	8	ELECTROPORATION	8
4	POLYMERASE CHAIN REACTION**	83	9	ELECTROROTATION	3
5	FLOW-CYTOMETRY	14			
IN-VITRO					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	EXPLANTS	18	6	IN-VITRO EVALUATION	6
2	IN-VITRO SELECTION	18	7	IN-VITRO DEVELOPMENT	6
3	IN-VITRO FERTILIZATION	13	8	IN-VITRO EVOLUTION	5
4	IN-VITRO PROPAGATION	12	9	IN-VITRO CULTURE	5
5	IN-VITRO RECOMBINATION	11	#	IN-VITRO MATURATION	5
RECOMBINANT DNA TECHNIQUE					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	CLONING**	187	6	SITE-SPECIFIC RECOMBINATION	11
2	RECOMBINANT PROTEINS	24	7	RECOMBINANT-HUMAN-ERYTHROPOIETIN	10
3	RECOMBINANT ESCHERICHIA-COLI	21	8	RECOMBINANT VIRUS	7
4	RECOMBINATION	14	9	RECOMBINANT SACCHAROMYCES-CEREVISIAE	3
5	HOMOLOGOUS RECOMBINATION	13	#	RECOMBINANT VACCINE	3
CLONING					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MOLECULAR-CLONING	39	5	CLONED EMBRYOS	4
2	GENE CLONING	10	6	CLONED PIGS	4
3	CDNA CLONING	7	7	CLONED CATTLE	3
4	CLONED TRANSGENIC CALVES	4			
POLYMERASE CHAIN REACTION					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	REAL-TIME PCR	15	2	QUANTITATIVE PCR	10

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

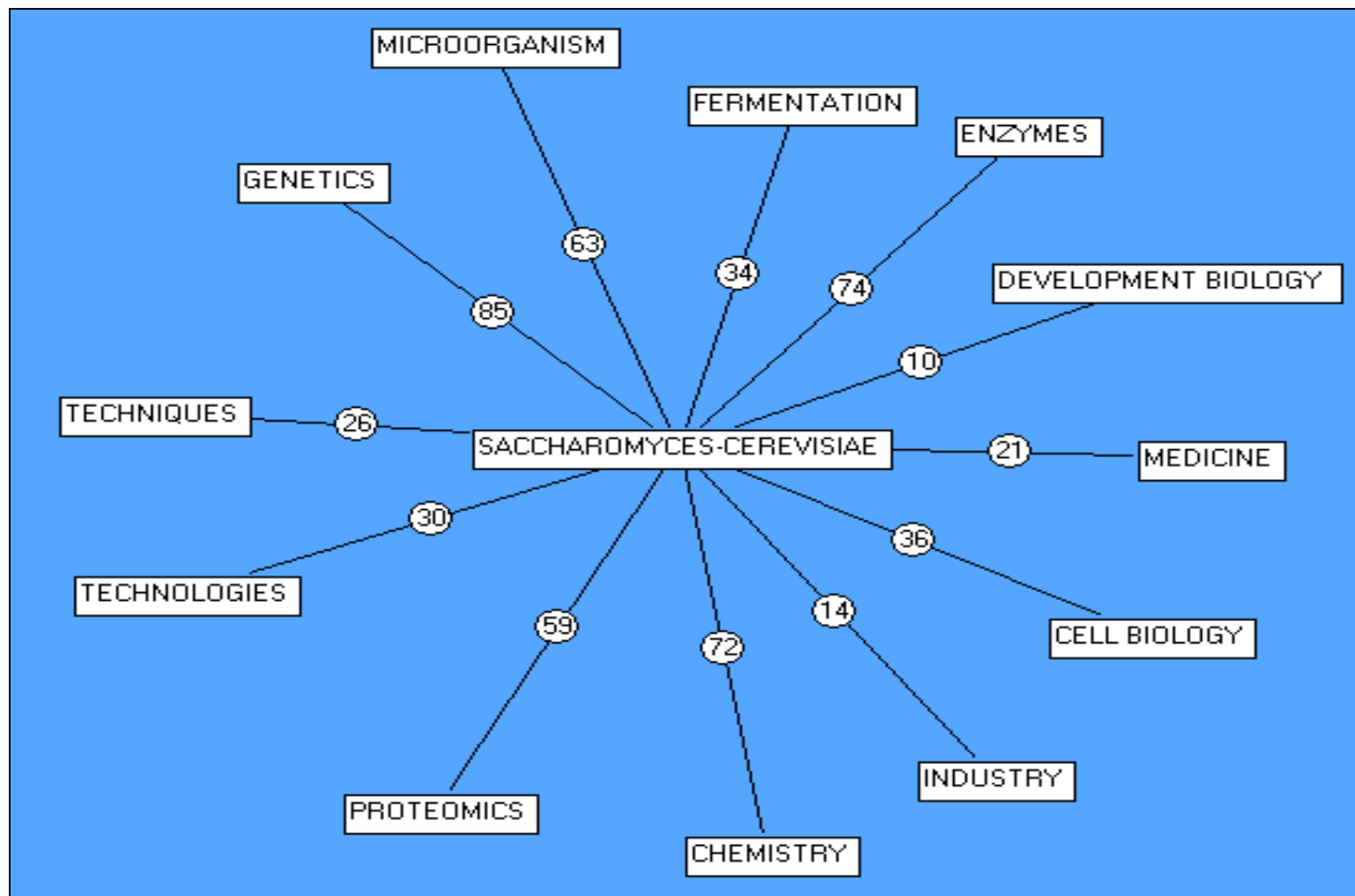
Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 53. Relación de la escherichia-coli con otras áreas



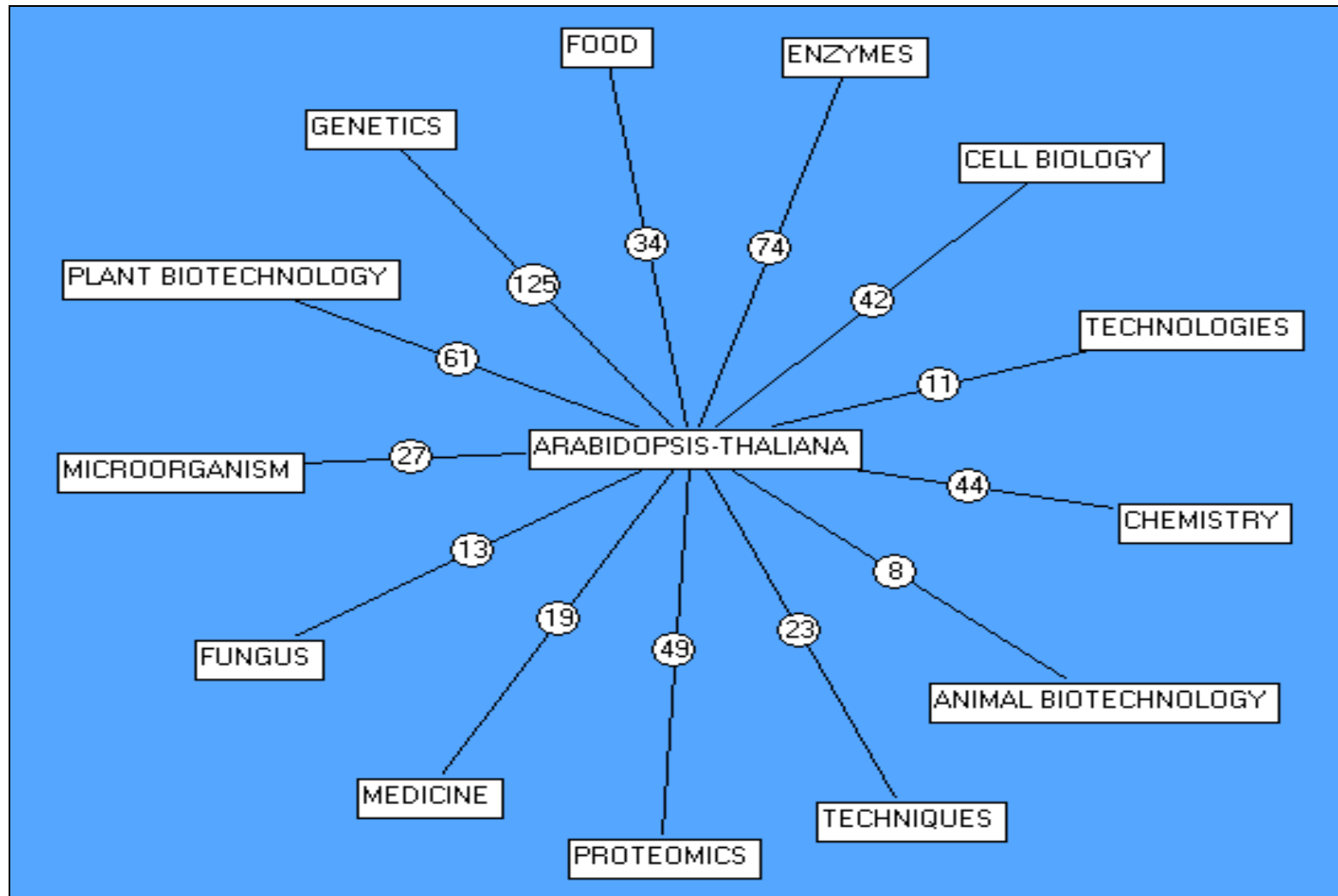
Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <http://apps.isiknowledge.com>.

Anexo 54. Relación de la *saccharomyces-cerevisiae* con otras temáticas



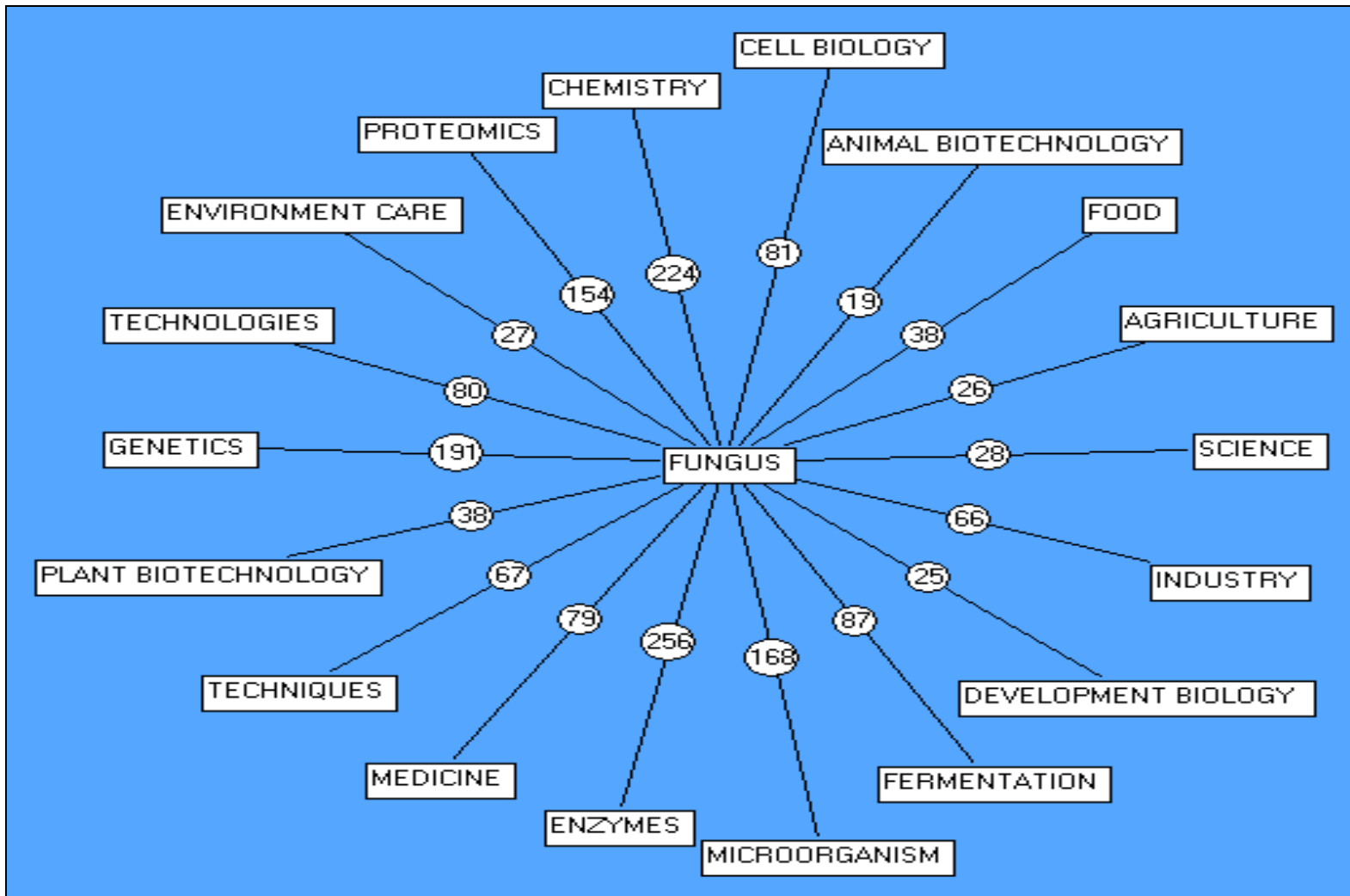
Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 55. Relación de la arabidopsis-thaliana con otras áreas



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 56. Relaciones de los hongos con otras áreas



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 57. Palabras clave relativas a los Hongos

FUNGUS					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	YEASTS**	246	12	ASPERGILLUS-NIDULANS	13
2	FUNGUS	82	13	TRICHODERMA-HARZIANUM	12
3	ASPERGILLUS-NIGER	33	14	FILAMENTOUS FUNGUS	12
4	PHANEROCHAETE-CHRYSPORIUM	31	15	ASPERGILLUS-ORYZAE	12
5	WHITE-ROT FUNGUS	24	16	RHIZOPUS	10
6	TRICHODERMA-REESEI	20	17	MYCORRHIZAS	10
7	FUSARIUM	17	18	ANTIFUNGAL	7
8	TRAMETES-VERSICOLOR	16	19	NIDULANS	6
9	PLEUROTUS-OSTREATUS	16	20	CERIPORIOPSIS-SUBVERMISPORA	5
10	ASPERGILLUS-FUMIGATUS	14	21	PENICILLIUM-CHRYSOGENUM	4
11	MUSHROOMS	13			
YEASTS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	SACCHAROMYCES-CEREVISIAE	153	9	KLUYVEROMYCES-LACTIS	6
2	PICHIA	27	10	YEAST STRAINS	5
3	CANDIDA	26	11	WINE YEAST	5
4	CANDIDA-GUILLIERMONDII	23	12	METHYLOTROPHIC YEAST	5
5	BAKERS-YEAST	9	13	FERMENTING YEAST	5
6	DEBARYOMYCES-HANSENII	7	14	CANDIDA-RUGOSA	5
7	YEAST-CELLS	6	15	CANDIDA-BOIDINII	5
8	RHODOTORULA-GRACILIS	6			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 58. Palabras clave relativas a la Biología del Desarrollo

DEVELOPMENTAL BIOLOGY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	GROWTH**	206	7	HAMSTER OVARY CELLS	15
2	EMBRYOS**	156	8	REPRODUCTION	13
3	OOCYTES	41	9	FERTILIZATION	8
4	SPERM	26	10	PREGNANCY	8
5	SEMEN	18	11	ARTIFICIAL-INSEMINATION	6
6	GENESIS	16	12	FETAL	6
GROWTH					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	GROWTH-FACTOR	47	2	GROWTH-HORMONE	16
EMBRYOS					
#	Tópico	F*	#	Tópico	F*
1	EMBRYOGENESIS**	85	4	EMBRYO DEVELOPMENT	7
2	MOUSE EMBRYOS	11	5	IMMATURE EMBRYOS	7
3	PREIMPLANTATION EMBRYOS	8	6	SOMATIC EMBRYOS	3
EMBRYOGENESIS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	SOMATIC EMBRYOGENESIS	37	2	BLASTOCYSTS-EMBRYOGENESIS	13

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 59. Frecuencias de la Biología del Desarrollo a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
GROWTH	38	39	39	53	37	206
EMBRYOS	41	36	29	28	22	156
OOCYTES	10	9	6	7	9	41
SPERM	4	7	7	4	4	26
SEMEN	3	4	5	2	4	18
GENESIS	2	4	4	4	2	16
HAMSTER OVARY CELLS	5	0	3	3	4	15
REPRODUCTION	2	3	2	1	5	13
FERTILIZATION	5	0	0	3	0	8
PREGNANCY	2	2	1	2	1	8
ARTIFICIAL-INSEMINATION	1	3	2	0	0	6
FETAL	1	0	3	1	1	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 60. Palabras clave relativas a la Ciencia

SCIENCE					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MODELS	98	7	BIOCHEMISTRY	33
2	INNOVATION	58	8	BIOTECHNOLOGY- INFORMATION	31
3	THERMODYNAMICS	53	9	BIOLOGY	31
4	SCIENCE	48	10	ASSAYS	29
5	KINETICS	43	11	PERSPECTIVE	19
6	BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS	33	12	RESEARCH-AND- DEVELOPMENT	6

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 61. Frecuencias de las palabras clave relativas a la Ciencia a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
MODELS	12	21	26	21	18	98
INNOVATION	13	10	11	14	10	58
THERMODYNAMICS	9	12	12	11	9	53
SCIENCE	5	6	6	16	15	48
KINETICS	5	10	11	7	10	43
BIOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS	3	12	5	7	6	33
BIOCHEMISTRY	5	7	8	7	6	33
BIOTECHNOLOGY- INFORMATION	6	6	3	11	5	31
BIOLOGY	3	9	5	7	7	31
ASSAYS	5	7	4	6	7	29
PERSPECTIVE	1	3	5	4	6	19
RESEARCH-AND- DEVELOPMENT	2	1	0	2	1	6

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 62. Palabras clave relativas a la Biotecnología Vegetal

PLANT BIOTECHNOLOGY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	PLANT SPECIES**	328	7	CAROTENOIDS - PLANTS	15
2	PLANT PARTS**	152	8	PLANT-GROWTH	14
3	CROP	37	9	PLANT HORMONES**	13
4	PLANT-REGENERATION	27	10	FLORA	9
5	PLANTS RESISTANCE**	18	11	CULTIVARS	9
6	PLANT-CELLS	17	12	PLANT TRANSFORMATION	6
PLANT SPECIES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	ARABIDOPSIS-THALIANA	150	10	BRASSICA-NAPUS BRASSICACEAE	8
2	TOBACCO	52	11	POPLAR	7
3	ALGAES	41	12	ANNUA L	7
4	PINE PINUS	19	13	INDIAN MUSTARD PLANT	6
5	SOYBEAN	16	14	FESCUE	6
6	TREES	16	15	VEGETABLES	6
7	COTTON	13	16	SPRUCE PICEA TREE	5
8	HIGHER-PLANTS	11	17	BRASSICA-JUNCEA BRASSICACEAE	4
9	CATHARANTHUS-ROSEUS	10	18	PETUNIA	3
PLANT PARTS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	ROOTS	41	6	POLLEN	13
2	SEEDS	40	7	LEAVES	11
3	WOOD	21	8	GRAINS	9
4	FRUIT	15	9	ANTHER-CULTURE	6
5	FLOWER	15			
PLANTS RESISTANCE					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	SYSTEMIC ACQUIRED- RESISTANCE	7	3	PLANT DEFENSES	5
2	INSECT RESISTANCE	6			
PLANT HORMONES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	ABSCISIC-ACID	11	2	GIBBERELLINS	2

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 63. Frecuencias de la Biotecnología Vegetal a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>PLANT SPECIES</i>	67	63	68	67	63	328
<i>PLANT PARTS</i>	37	31	40	42	39	189
<i>PLANT-REGENERATION</i>	6	8	4	6	3	27
<i>PLANTS RESISTANCE</i>	6	2	1	3	6	18
<i>PLANT-CELLS</i>	5	1	6	3	2	17
<i>CAROTENOIDS – PLANTS</i>	1	3	6	4	1	15
<i>PLANT-GROWTH</i>	4	2	3	2	3	14
<i>PLANT HORMONES</i>	3	5	4	1	0	13
<i>FLORA</i>	2	2	2	1	2	9
<i>CULTIVARS</i>	4	1	1	2	1	9
<i>PLANT TRANSFORMATION</i>	0	2	1	2	1	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 64. Frecuencias de las especies de plantas a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>ARABIDOPSIS-THALIANA</i>	28	30	29	36	27	150
<i>TOBACCO</i>	13	9	8	13	9	52
<i>ALGAES</i>	12	6	7	6	10	41
<i>PINE PINUS</i>	3	5	2	4	5	19
<i>SOYBEAN</i>	0	2	8	2	4	16
<i>TREES</i>	4	4	3	3	2	16
<i>COTTON</i>	2	2	1	2	6	13
<i>HIGHER-PLANTS</i>	3	0	4	3	1	11
<i>CATHARANTHUS-ROSEUS</i>	0	0	6	3	1	10
<i>BRASSICA-NAPUS</i> <i>BRASSICACEAE</i>	3	3	0	1	1	8
<i>POPLAR</i>	1	2	2	1	1	7
<i>ANNUA L</i>	1	0	5	0	1	7
<i>INDIAN MUSTARD PLANT</i>	0	3	1	1	1	6
<i>FESCUE</i>	3	2	0	1	0	6
<i>VEGETABLES</i>	2	1	1	0	2	6
<i>SPRUCE PICEA TREE</i>	1	1	1	1	1	5
<i>BRASSICA-JUNCEA</i> <i>BRASSICACEAE</i>	0	0	2	1	1	4
<i>PETUNIA</i>	0	1	0	2	0	3

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 65. Palabras clave relativas a los Alimentos

FOOD					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	CORN	98	10	CHEESE	8
2	RICE**	70	11	WATER ACTIVITY	7
3	MILK**	47	12	HORDEUM-VULGARE	7
4	WHEAT	37	13	VICIA-FABA	7
5	POTATO	27	14	BREAD	6
6	TOMATO	23	15	COFFEA	6
7	DIETS	18	16	NUTRITION	6
8	ANTIOXIDANT ACTIVITY	11	17	HYPERSENSITIVITY - FOOD ALLERGENS	5
9	WINE	9			
RICE					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	ORYZA-SATIVA L	18	2	GOLDEN RICE	6
MILK					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	DAIRY	11	2	WHEY	10

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 66. Frecuencias de las temáticas de los Alimentos a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
CORN	14	16	17	28	23	98
RICE	10	11	17	21	11	70
MILK	11	12	7	7	10	47
WHEAT	8	4	7	9	9	37
POTATO	7	6	4	3	7	27
TOMATO	2	4	5	7	5	23
DIETS	3	6	2	7	0	18
ANTIOXIDANT ACTIVITY	0	3	2	5	1	11
WINE	0	1	3	4	1	9
CHEESE	1	0	3	2	2	8
WATER ACTIVITY	1	1	0	0	5	7
HORDEUM-VULGARE	2	0	2	2	1	7
VICIA-FABA	1	2	2	1	1	7
BREAD	1	1	1	2	1	6
COFFEA	0	1	3	0	2	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 67. Palabras clave relativas a la Industria

INDUSTRY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	BIOTECHNOLOGY INDUSTRY	94	10	DYES	13
2	PRODUCTS	47	11	FIRMS	12
3	BIOMASS	34	12	DECOLORIZATION	10
4	FABRICATION	31	13	MARKET	6
5	ECONOMY**	30	14	SERVICES	6
6	OIL – INDUSTRY	28	15	BIOPROCESS	6
7	INTELLECTUAL PROPERTY	28	16	INDUSTRIAL APPLICATIONS	6
8	MANAGEMENT	22	17	MICROEMULSIONS	6
9	STRATEGIC ALLIANCES	14	18	PHARMACEUTICAL-INDUSTRY	5
ECONOMY					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	TRADE	12	2	GLOBALIZATION	7

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 68. Frecuencias de las temáticas de la Industria a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
BIOTECHNOLOGY INDUSTRY	19	18	14	29	14	94
PRODUCTS	10	4	8	14	8	47
BIOMASS	3	3	8	10	10	34
FABRICATION	4	9	5	4	9	31
ECONOMY	3	5	6	8	8	30
OIL – INDUSTRY	4	6	3	5	10	28
INTELLECTUAL PROPERTY	3	4	4	14	3	28
MANAGEMENT	5	6	3	4	4	22
STRATEGIC ALLIANCES	2	3	1	6	2	14
DYES	0	2	2	4	5	13
FIRMS	1	3	3	3	2	12
DECOLORIZATION	0	2	3	2	3	10
MARKET	0	0	2	1	3	6
SERVICES	0	1	4	0	1	6
BIOPROCESS	2	1	2	1	0	6
INDUSTRIAL APPLICATIONS	0	2	2	0	2	6
MICROEMULSIONS	1	1	1	0	3	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 69. Palabras clave relativas al Cuidado del Medio Ambiente

ENVIRONMENT CARE					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	BIODIVERSITY	72	9	ACTIVATED-SLUDGE TREATMENT	18
2	WASTE-WATER	51	10	ECOLOGY	17
3	ORGANIC SOLVENTS	48	11	ENVIRONMENTAL DNA LIBRARIES	16
4	ENVIRONMENTS	35	12	CONTAMINATION	16
5	BIODEGRADATION	31	13	ORGANIC POLLUTANTS	7
6	BIOREMEDIATION	24	14	BIOAVAILABILITY	6
7	BIOFUELS	22	15	FOREST	5
8	MARINE – ENVIRONMENT	21	16	PHYTOREMEDIATION	5

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 70. Frecuencias de las palabras clave del Cuidado del Medio Ambiente a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
BIODIVERSITY	11	16	9	14	22	72
WASTE-WATER	8	8	7	19	9	51
ORGANIC SOLVENTS	5	9	10	11	13	48
ENVIRONMENTS	11	2	6	6	10	35
BIODEGRADATION	5	3	5	9	9	31
BIOREMEDIATION	3	6	6	6	3	24
BIOFUELS	1	4	2	6	9	22
MARINE – ENVIRONMENT	4	3	1	6	7	21
ACTIVATED-SLUDGE TREATMENT	2	6	1	6	3	18
ECOLOGY	3	1	4	4	5	17
ENVIRONMENTAL DNA LIBRARIES	3	7	2	1	3	16
CONTAMINATION	3	6	3	4	0	16
ORGANIC POLLUTANTS	1	1	4	1	0	7
BIOAVAILABILITY	1	2	1	1	1	6
FOREST	0	2	1	1	1	5
PHYTOREMEDIATION	1	3	1	0	0	5

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 71. Palabras clave relativas a la Biotecnología Animal

ANIMAL BIOTECHNOLOGY					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	RODENTS**	106	6	MAMMALS	14
2	FARM ANIMALS**	94	7	MONKEY	5
3	INSECTS**	51	8	ARTHROPODS	2
4	FISHES**	47	9	CAMELIDAE	2
5	MARINE SPONGES	16			
RODENTS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	MOUSE	93	2	RATS	14
FARM ANIMALS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CATTLE	32	5	DEER	4
2	PIGS	26	6	CHICKEN	3
3	BOVINE	25	7	BUFFALO	3
4	SHEEPS	14	8	DOMESTIC GOATS	2
INSECTS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	CAENORHABDITIS-ELEGANS	21	4	DROSOPHILA-MELANOGASTER	6
2	LEPIDOPTERA	9	5	BOMBYX-MORI	3
3	DROSOPHILA	7	6	PYRALIDAE	2
FISHES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	RAINBOW-TROUT	21	4	MYTILUS-EDULIS	2
2	SALMON	10	5	TROUT	2
3	COD GADUS-MORHUA	4			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 72. Frecuencias de las temáticas de la Biotecnología Animal a través de los años

Temáticas	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>RODENTS</i>	18	20	24	25	19	106
<i>FARM ANIMALS</i>	19	21	14	17	23	94
<i>INSECTS</i>	12	6	11	8	14	51
<i>FISH ANIMALS</i>	7	11	9	7	13	47
<i>MARINE SPONGES</i>	3	2	3	2	6	16
<i>MAMMALS</i>	1	5	1	6	1	14
<i>MONKEY</i>	1	0	2	1	1	5
<i>ARTHROPODS</i>	0	0	0	0	2	2
<i>CAMELIDAE</i>	1	1	0	0	0	2

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 73. Palabras clave relativas a los Virus

VIRUS					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	<i>MOSAIC-VIRUS</i>	21	5	<i>VIRULENCE</i>	9
2	<i>VIRUS VECTORS</i>	16	6	<i>RESPIRATORY VIRUS</i>	6
3	<i>TOBACCO-VIRUS</i>	14	7	<i>ADENOVIRUS</i>	6
4	<i>RETROVIRUS</i>	12			

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

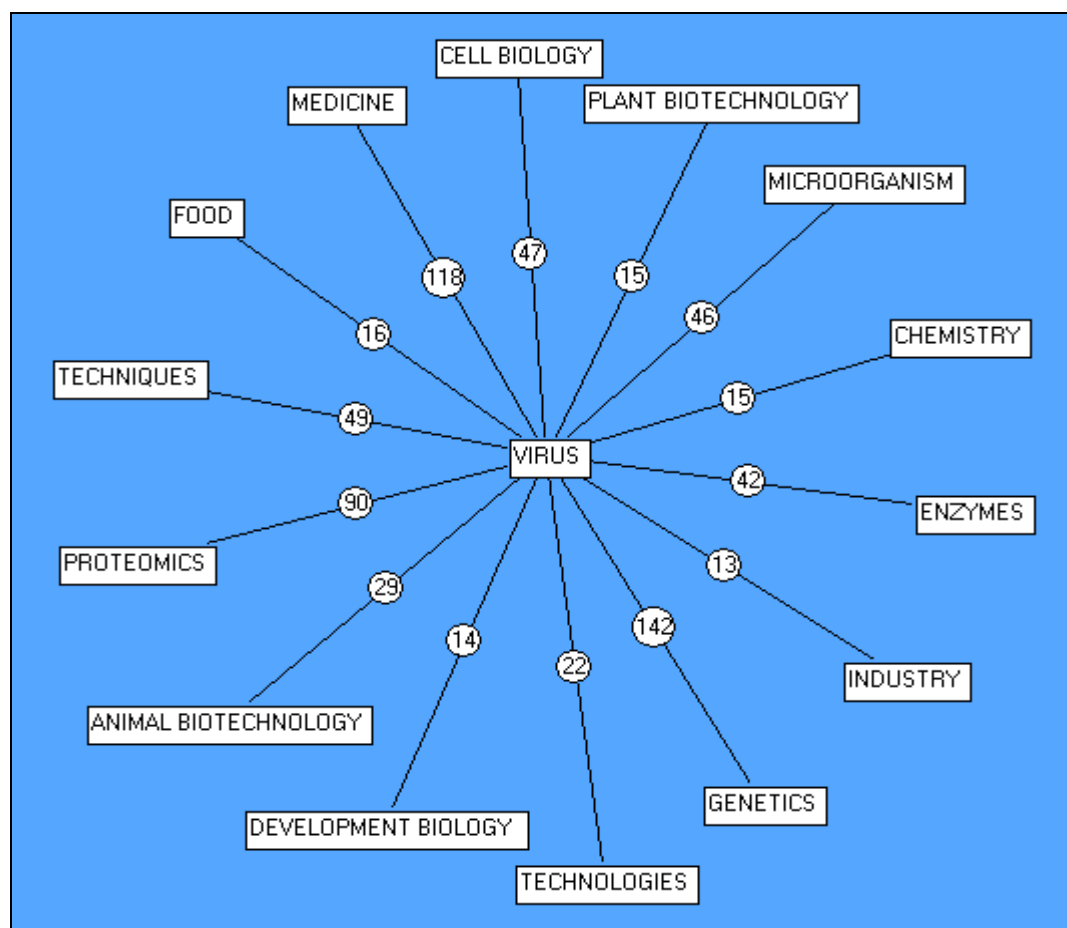
Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 74. Frecuencias de las palabras clave de los Virus a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>MOSAIC-VIRUS</i>	5	4	5	4	3	21
<i>VIRUS VECTORS</i>	8	4	1	2	1	16
<i>TOBACCO-VIRUS</i>	5	1	3	2	3	14
<i>RETROVIRUS</i>	1	3	5	1	2	12
<i>VIRULENCE</i>	1	2	2	3	1	9
<i>RESPIRATORY VIRUS</i>	1	1	3	1	0	6
<i>ADENOVIRUS</i>	1	1	0	2	2	6

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 75. Relación de los virus con otras áreas



Fuente: Gráfico generado en el software *Matheo Analyzer* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 76. Palabras clave relativas a la Fermentación

FERMENTATION					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	<i>FED-BATCH CULTURE</i>	26	5	<i>FERMENTATION PROCESSES</i>	9
2	<i>SOLID-STATE FERMENTATION</i>	25	6	<i>FERMENTED PRODUCTION</i>	8
3	<i>SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION</i>	11	7	<i>SUBSTRATE FERMENTATION</i>	4
4	<i>ALCOHOLIC FERMENTATION</i>	10	8	<i>MALOLACTIC FERMENTATION</i>	4

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 77. Palabras clave de la Fermentación a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
<i>FED-BATCH CULTURE</i>	6	2	7	8	3	26
<i>SOLID-STATE FERMENTATION</i>	5	3	7	3	7	25
<i>SIMULTANEOUS SACCHARIFICATION</i>	0	1	2	6	2	11
<i>ALCOHOLIC FERMENTATION</i>	0	3	1	4	2	10
<i>FERMENTATION PROCESSES</i>	0	1	3	1	4	9
<i>FERMENTED PRODUCTION</i>	1	0	2	2	3	8
<i>SUBSTRATE FERMENTATION</i>	1	1	0	1	1	4
<i>MALOLACTIC FERMENTATION</i>	0	1	1	2	0	4

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 78. Palabras clave relativas a la Opinión Pública

PUBLIC OPINION					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	<i>RISKS</i>	27	8	<i>MASS-MEDIA</i>	17
2	<i>POLITICS</i>	27	9	<i>ATTITUDES</i>	15
3	<i>NATURAL-PRODUCTS</i>	25	10	<i>BIOETHICS</i>	13
4	<i>POLICY</i>	21	11	<i>GOVERNANCE</i>	8
5	<i>SAFETY</i>	21	12	<i>EDUCATION</i>	6
6	<i>DEVELOPING-COUNTRIES</i>	20	13	<i>BENEFITS</i>	6
7	<i>IMPACT</i>	17	14	<i>DEMAND</i>	6

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

Fuente: Datos obtenidos en *ISI Web of Knowledge*, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 79. Frecuencias de las palabras clave de la Opinión Pública a través de los años

Palabra clave	2004	2005	2006	2007	2008	TOTAL
RISKS	5	6	5	8	3	27
POLITICS	3	3	5	11	5	27
NATURAL-PRODUCTS	4	8	4	5	4	25
POLICY	5	3	3	5	5	21
SAFETY	3	3	6	5	4	21
DEVELOPING-COUNTRIES	2	4	6	7	1	20
IMPACT	2	4	8	3	0	17
MASS-MEDIA	1	4	2	7	3	17
ATTITUDES	3	2	2	1	7	15
BIOETHICS	1	2	2	3	5	13
GOVERNANCE	0	3	1	2	2	8
EDUCATION	1	0	4	0	1	6
BENEFITS	2	1	0	1	2	6
DEMAND	2	1	1	0	2	6

Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 80. Palabras clave relativas a la Agricultura

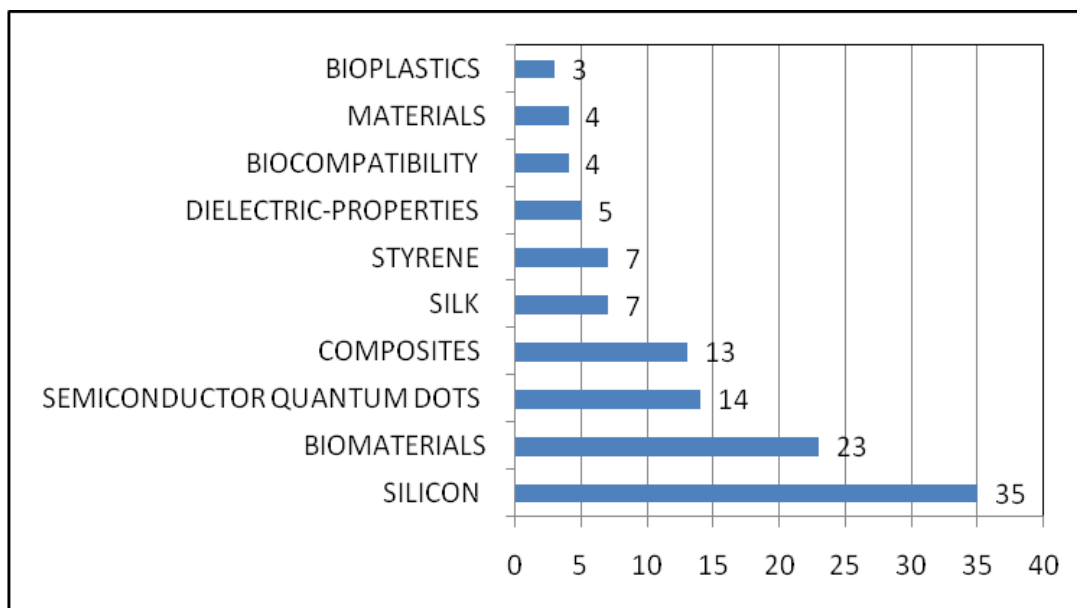
AGRICULTURE					
#	Temáticas	F*	#	Temáticas	F*
1	SOIL	50	5	YIELD	11
2	INSECTICIDES**	46	6	FARMERS	10
3	HAIRY ROOT CULTURES	29	7	COMPOST - MANURE	6
4	AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY	17	8	GREEN-REVOLUTION	4
INSECTICIDES					
#	Palabra clave	F*	#	Palabra clave	F*
1	BIOLOGICAL-CONTROL	24	3	GLYPHOSATE HERBICIDE	4
2	HERBICIDE	12	4	PESTICIDES	4

* F representa la frecuencia de aparición de la temática, tópico o palabra clave en el total de publicaciones analizadas.

** Las temáticas o tópicos señaladas con ** se subdividen a su vez en otros tópicos o palabras clave, que son desglosados más adelante en este mismo Anexo.

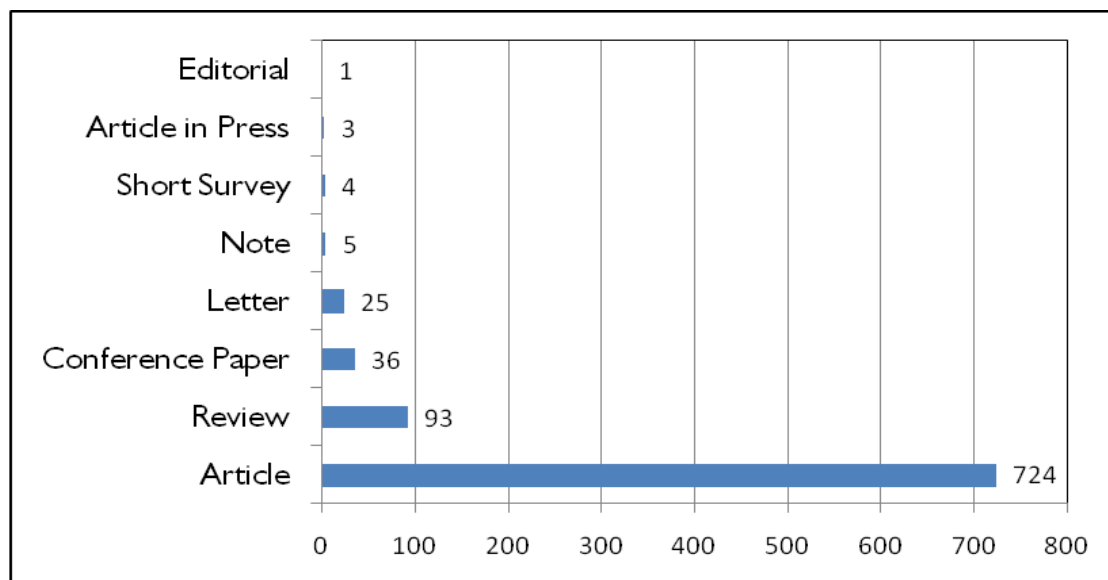
Fuente: Datos obtenidos en ISI Web of Knowledge, Disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 81. Palabras clave asociadas a los materiales



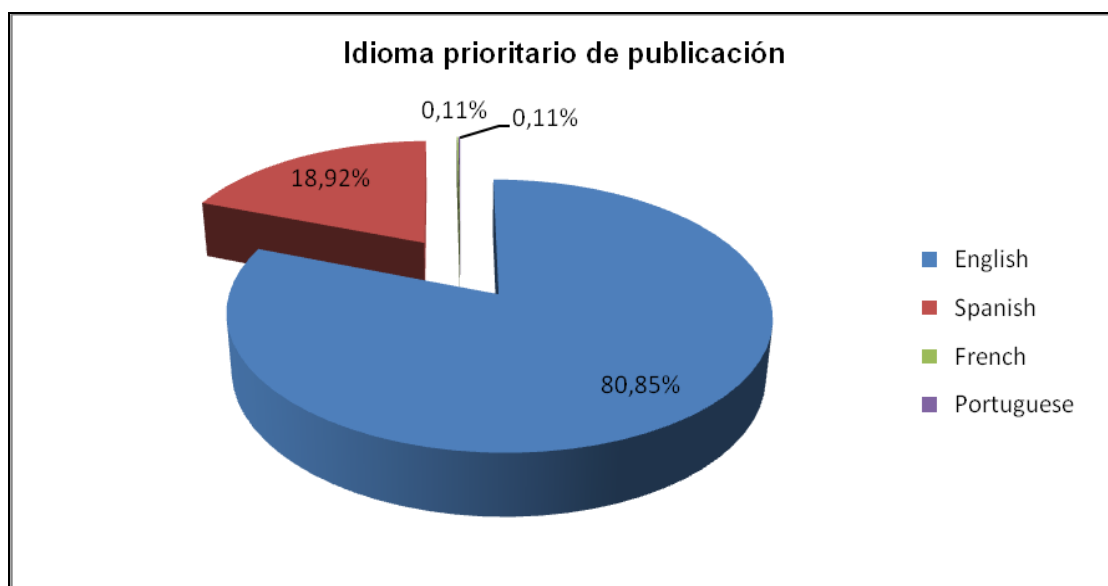
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* con los datos obtenidos en la Base de datos *ISI Web of Knowledge*, disponible en: <<http://apps.isiknowledge.com>>.

Anexo 82. Número de Publicaciones por tipo de documento



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 83. Idioma prioritario de las Publicaciones Nacionales



Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 84. Instituciones con mayor número de publicaciones con afiliación colombiana

#	Institución	Número de Publicaciones
1	Universidad de Antioquia	159
2	Universidad Nacional de Colombia	144
3	Centro Internacional de Agricultura Tropical	82
4	Universidad del Valle	80
5	Instituto Nacional de Salud	69
6	Universidad Javeriana	55
7	Universidad Industrial de Santander	30
8	Universidad de Los Andes	25
9	Fundación Instituto de Inmunología de Colombia	21
10	Corporación para Investigaciones Biológicas	20
11	Universidad del Rosario	17
12	Instituto Nacional de Salud Publica	17
13	International Agency for Research on Cancer	17
14	University of Southern California	16
15	Eidgenossische Technische Hochschule Zurich	15
16	Universidad Pontificia Bolivariana	14
17	Universidad El Bosque	14
18	VU University Medical Center	14
19	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria	13
20	Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Medicas	13

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 85. Revistas con mayor número de publicaciones colombianas

#	Nombre de fuente	Número de publicaciones
1	Biomédica Revista Del Instituto Nacional De Salud	43
2	Colombia Medica	26
3	Theoretical and Applied Genetics	20
4	Vaccine	17
5	Biomédica	17
6	Livestock Research for Rural Development	13
7	Memorias do Instituto Oswaldo Cruz	13
8	Iatreia	11
9	Journal of Virology	11
10	Revista De Salud Publica	10
11	Revista Panamericana De Salud Publica Pan American Journal of Public Health	10
12	Biochemical and Biophysical Research Communications	9
13	American Journal of Tropical Medicine and Hygiene	8
14	Journal of Infectious Diseases	8
15	Euphytica	8
16	AIDS Research and Human Retroviruses	7
17	Archives of Virology	7
18	Revista De Neurología	7
19	Oral Microbiology and Immunology	6
20	Journal of Clinical Microbiology	6

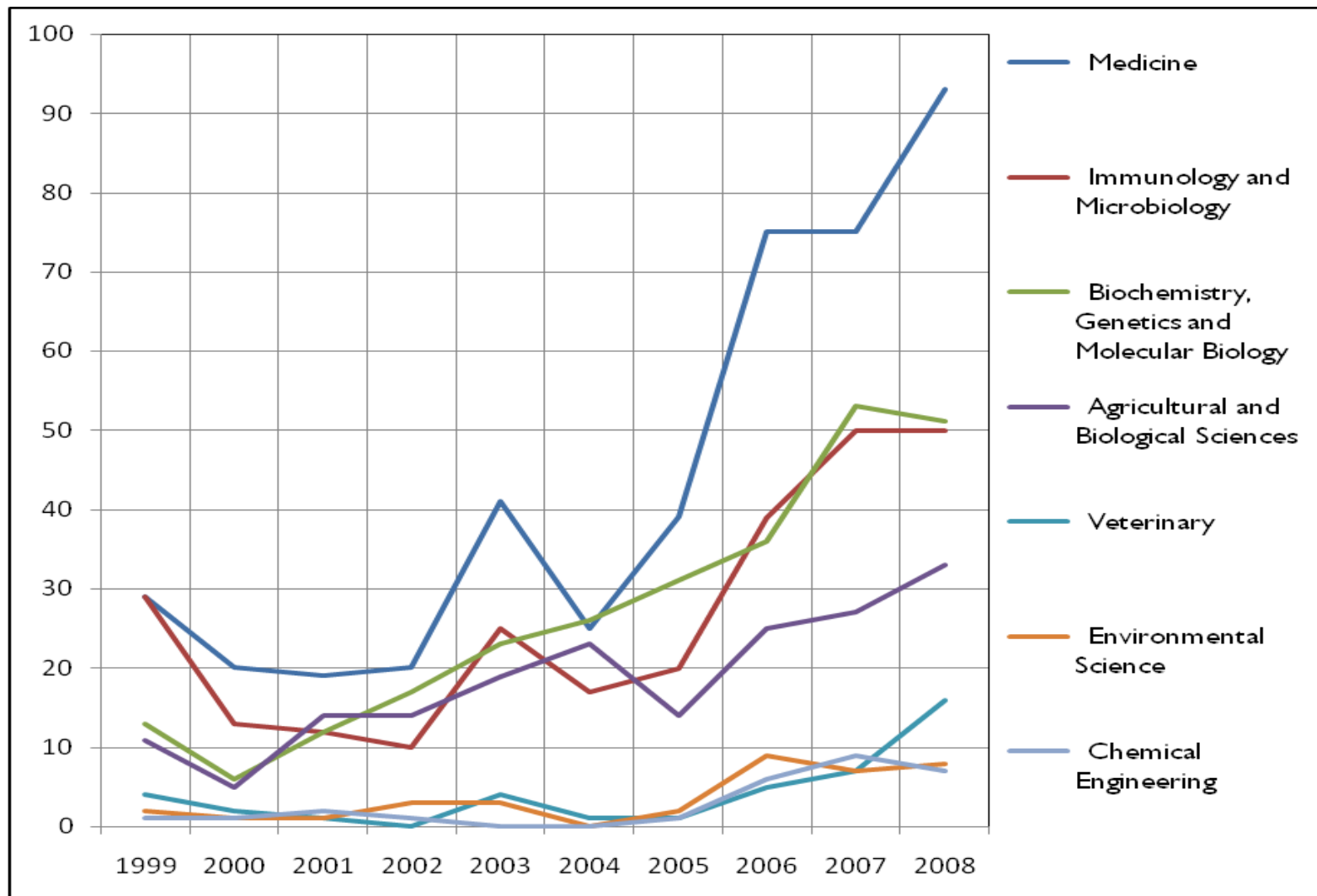
Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 86. Autores con mayor número de publicaciones asociadas a Colombia

#	Autores	Número de Publicaciones
1	Muñoz, N. (27)	27
2	Patarroyo, M.E. (25)	25
3	Rugeles, M.T. (23)	23
4	Tohme, J. (22)	22
5	Anaya, J.M. (16)	16
6	Montoya, C.J. (15)	15
7	Franco, M.A. (15)	15
8	Slots, J. (14)	14
9	Patarroyo, M.A. (14)	14
10	Greenberg, H.B. (12)	12
11	Boshell, J. (12)	12
12	Lascano, C.E. (11)	11
13	Hess, H.D. (11)	11
14	Franceschi, S. (11)	11
15	Blair, M.W. (11)	11
16	Morales, F.J. (11)	11
17	Sánchez, G.I. (11)	11
18	Castellanos, J.E. (11)	11
19	Angel, J. (10)	10
20	Tyring, S.K. (10)	10

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 87. Comportamientos de las áreas temáticas por año



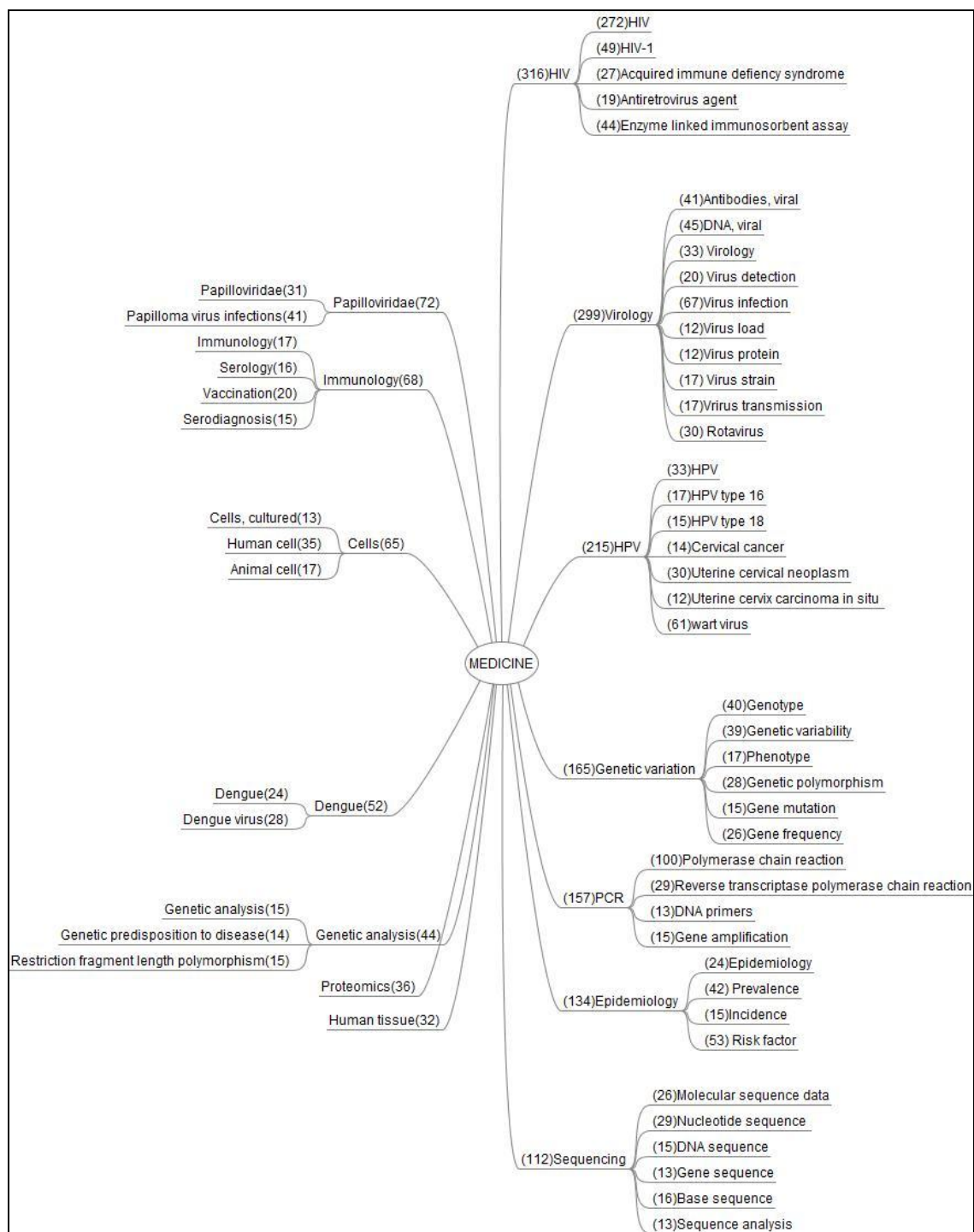
Fuente: Gráfico generado en *Microsoft Excel* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 88. Principales Temáticas de la Medicina

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>HIV</i>	316
2	<i>Virology</i>	299
3	<i>HPV</i>	215
4	<i>Genetic variation</i>	165
5	<i>PCR</i>	157
6	<i>Epidemiology</i>	134
7	<i>Sequencing</i>	112
8	<i>Papilloviridae</i>	72
9	<i>Immunology</i>	68
10	<i>Cells</i>	65
11	<i>Dengue</i>	52
12	<i>Genetic analysis</i>	44
13	<i>Proteomics</i>	36
14	<i>Human tissue</i>	32

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 89. Palabras clave de la Medicina



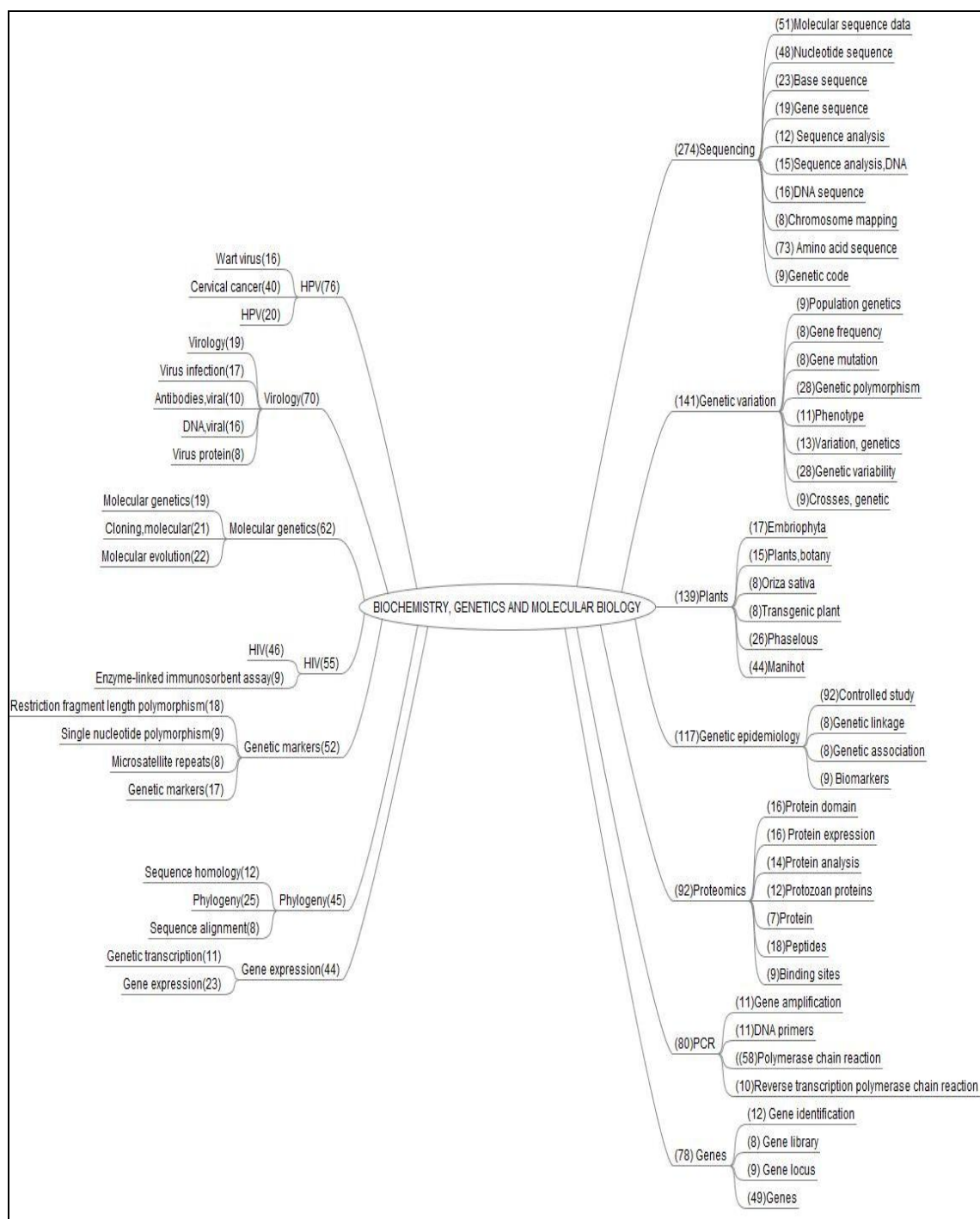
Fuente: Gráfico generado en el *software Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 90. Principales Temáticas asociadas a las áreas de Bioquímica, Genética y Biología Molecular

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Sequencing</i>	274
2	<i>Genetic variation</i>	141
3	<i>Plants</i>	139
4	<i>Genetic Epidemiology</i>	117
5	<i>Proteomics</i>	92
6	<i>PCR</i>	80
7	<i>Genes</i>	78
8	<i>HPV</i>	76
9	<i>Virology</i>	70
10	<i>Molecular genetics</i>	62
11	<i>HIV</i>	55
12	<i>Genetic markers</i>	52
13	<i>Phylogeny</i>	45
14	<i>Gene expression</i>	44

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 91. Palabras clave de Bioquímica, Genética y Biología Molecular



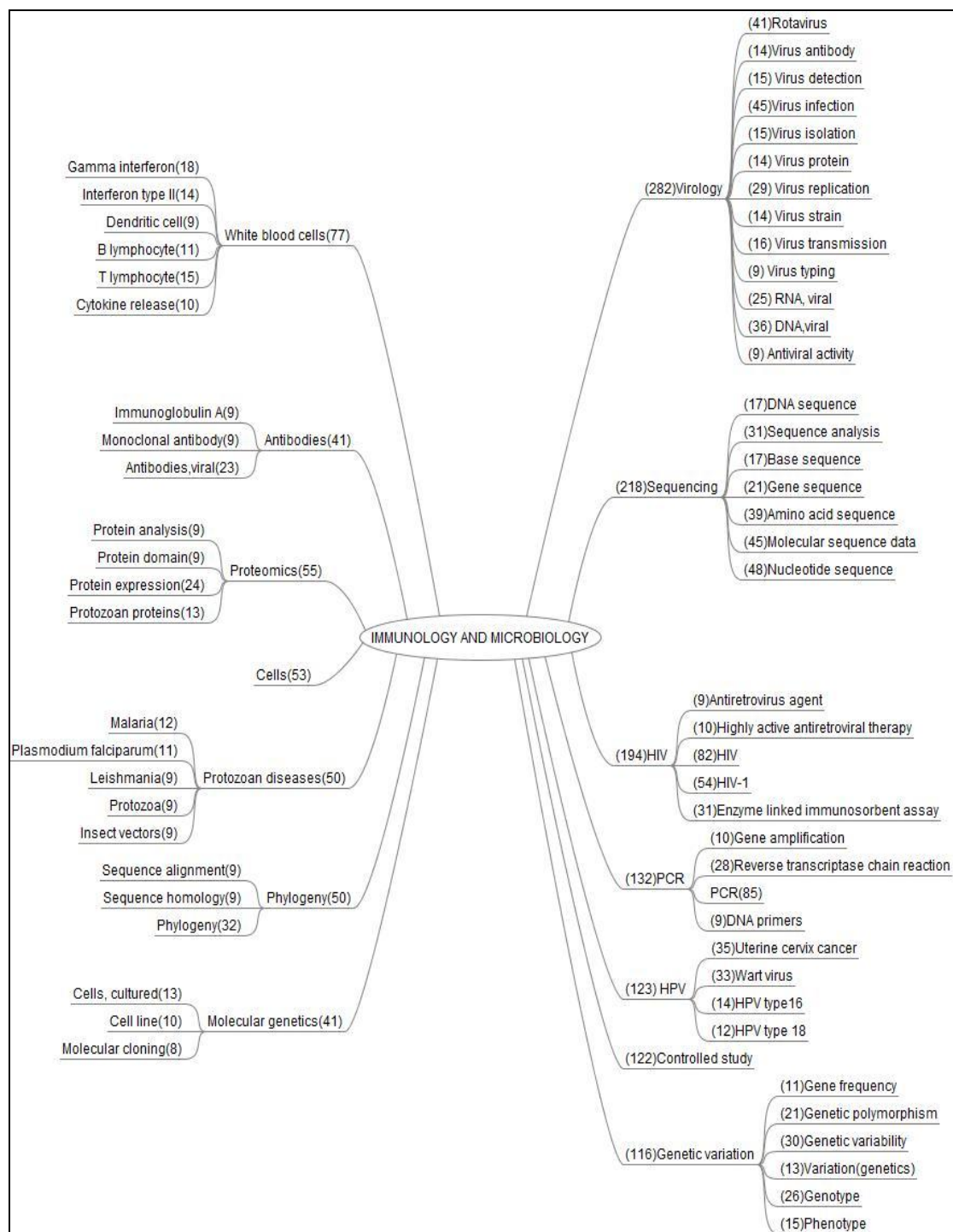
Fuente: Gráfico generado en el software *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 92. Principales Temáticas de Inmunología y Microbiología

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Virology</i>	282
2	<i>Sequencing</i>	218
3	<i>HIV</i>	194
4	<i>PCR</i>	132
5	<i>HPV</i>	123
6	<i>Controlled study</i>	122
7	<i>Genetic variation</i>	116
8	<i>White Blood Cells</i>	77
9	<i>Proteomics</i>	55
10	<i>Cells</i>	53
11	<i>Protozoan Diseases</i>	50
12	<i>Phylogeny</i>	50
13	<i>Antibodies</i>	41
14	<i>Molecular genetics</i>	41

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 93. Palabras clave de Inmunología y microbiología



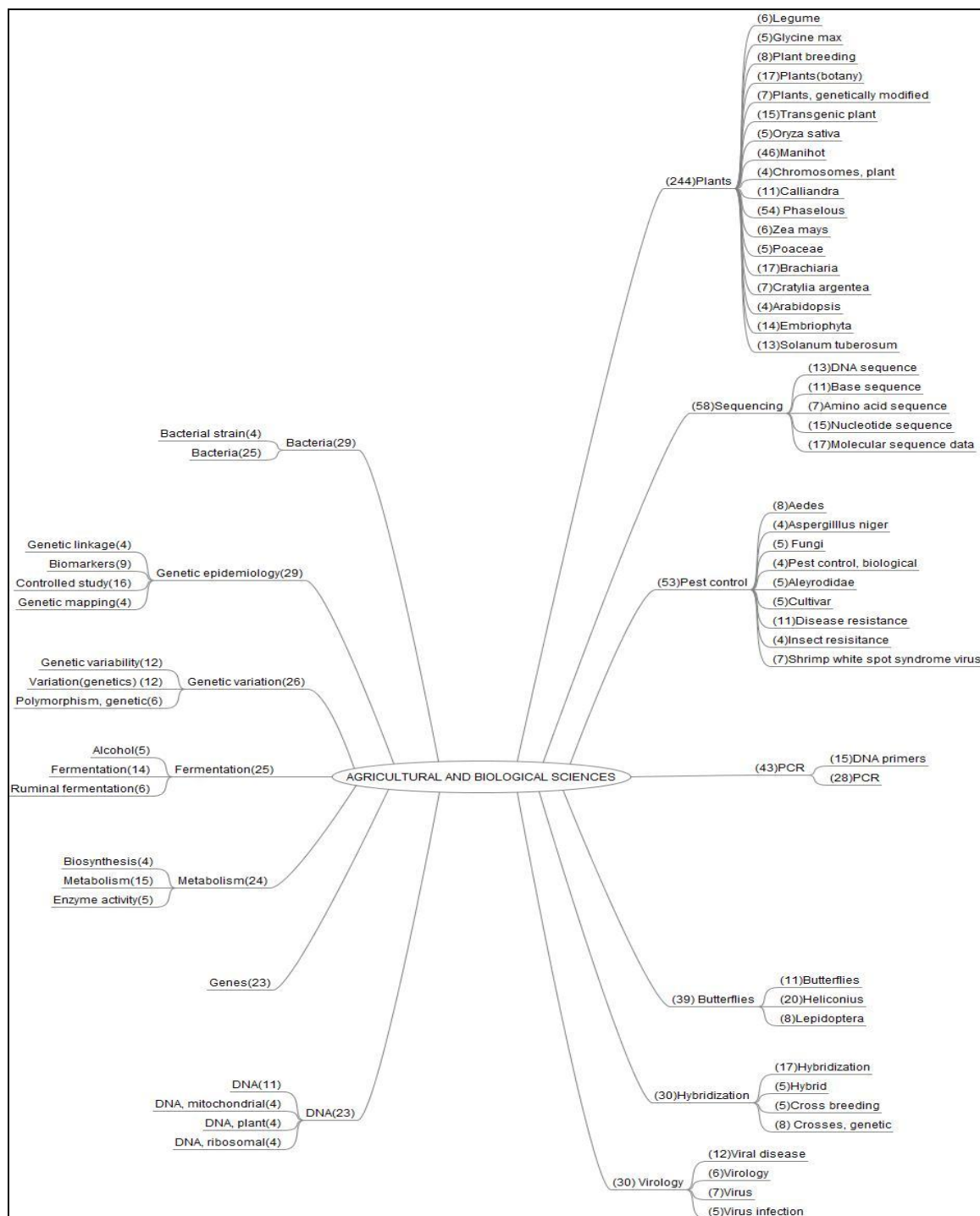
Fuente: Gráfico generado en el *software* *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 94. Principales Temáticas de Ciencias agrícolas y biológicas

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Plants</i>	244
2	<i>Sequencing</i>	58
3	<i>Pest Control, Biological</i>	53
4	<i>PCR</i>	43
5	<i>Butterflies</i>	39
6	<i>Hybridization</i>	30
7	<i>Virology</i>	30
8	<i>Bacteria</i>	29
9	<i>Genetic Epidemiology</i>	29
10	<i>Genetic variation</i>	26
11	<i>Fermentation</i>	25
12	<i>Metabolism</i>	24
13	<i>Genes</i>	23
14	<i>DNA</i>	23

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 95. Palabras clave de Ciencias agrícolas y biológicas



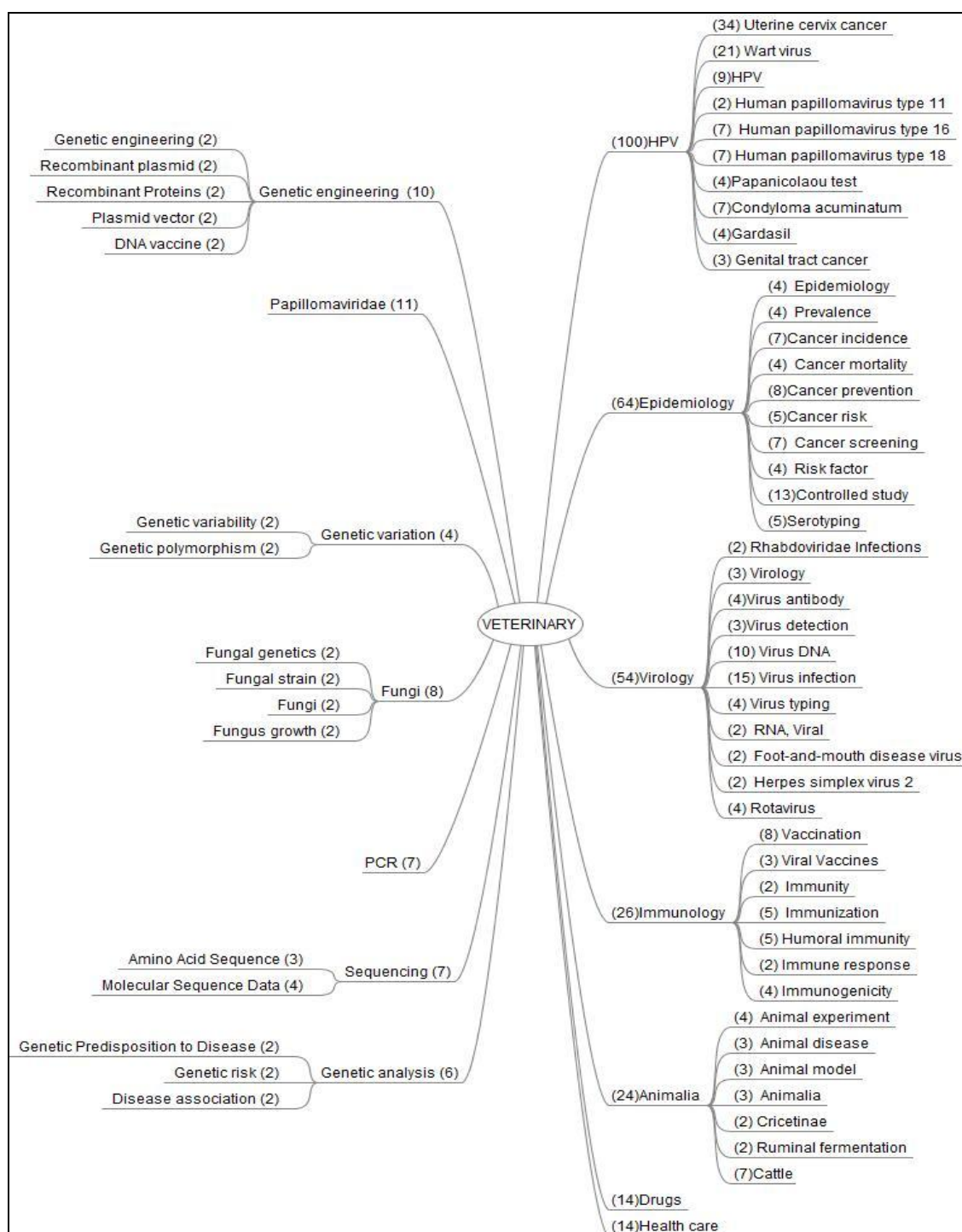
Fuente: Gráfico generado en el software *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 96. Principales Temáticas de Veterinaria

#	Temáticas	Frecuencia
1	HPV	100
2	Epidemiology	64
3	Virology	54
4	Immunology	26
5	Animalia	24
6	Drugs	14
7	Health care	14
8	Papillomaviridae	11
9	Genetic engineering	10
10	Fungi	8
11	PCR	7
12	Sequencing	7
13	Genetic analysis	6
14	Genetic variation	4

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 97. Palabras clave de Veterinaria



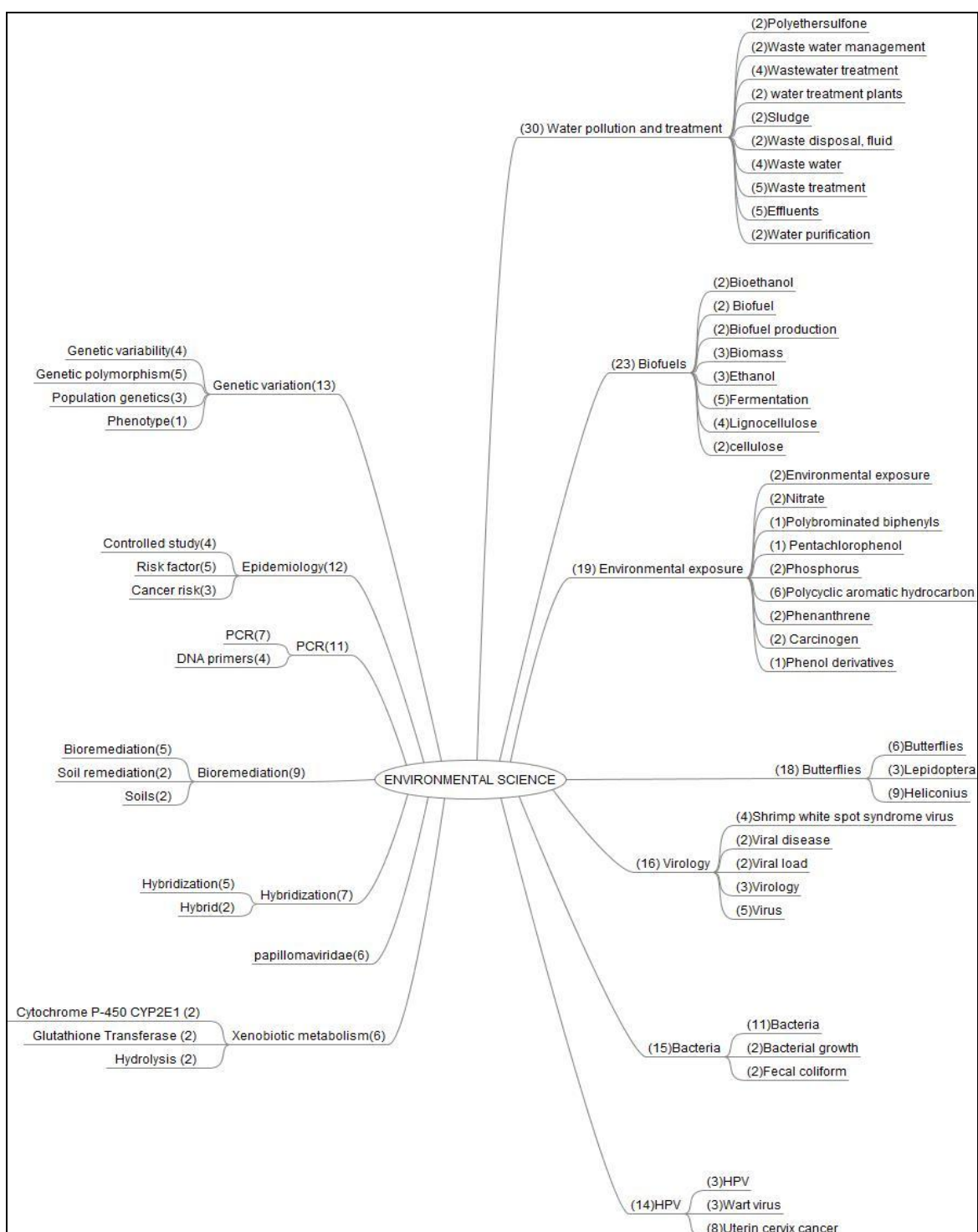
Fuente: Gráfico generado en el *software* *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 98. Principales Temáticas de Ciencias del medio ambiente

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Water pollution and treatment</i>	30
2	<i>Biofuels</i>	23
3	<i>Environmental exposure</i>	19
4	<i>Butterflies</i>	18
5	<i>Virology</i>	16
6	<i>Bacteria</i>	15
7	<i>HPV</i>	14
8	<i>Genetic variation</i>	13
9	<i>Epidemiology</i>	12
10	<i>PCR</i>	11
11	<i>Bioremediation</i>	9
12	<i>Hybridization</i>	7
13	<i>Papillomaviridae</i>	6
14	<i>Xenobiotic metabolism</i>	6

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 99. Palabras clave de Ciencias del medio ambiente



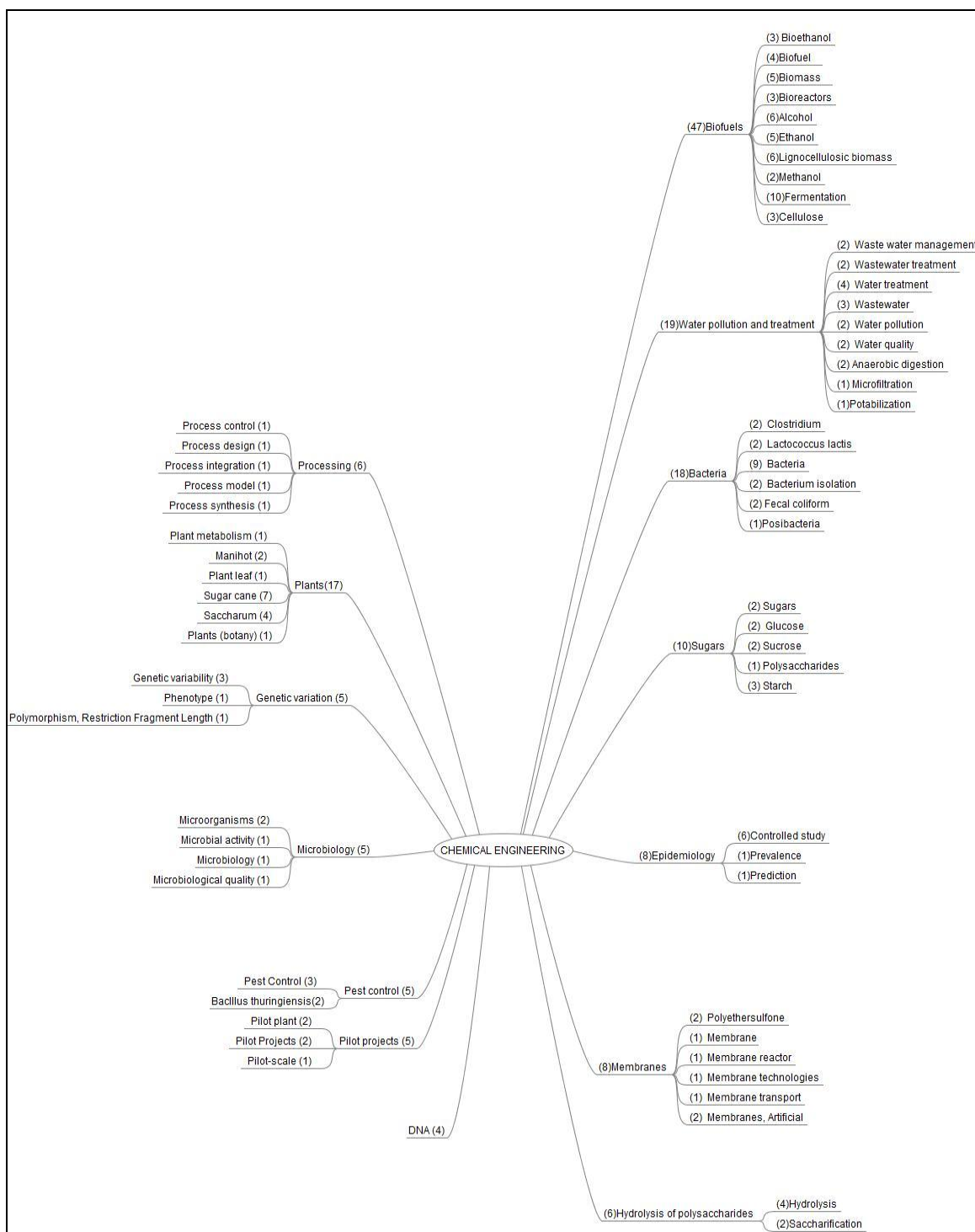
Fuente: Gráfico generado en el software *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 100. Principales Temáticas de Ingeniería Química

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Biofuels</i>	47
2	<i>Water pollution and treatment</i>	19
3	<i>Bacteria</i>	18
4	<i>Plants</i>	17
5	<i>Sugars</i>	10
6	<i>Epidemiology</i>	8
7	<i>Membranes</i>	8
8	<i>Hydrolysis of polysaccharides</i>	6
9	<i>Processing</i>	6
10	<i>Genetic variation</i>	5
11	<i>Microbiology</i>	5
12	<i>Pest control</i>	5
13	<i>Pilot projects</i>	5
14	<i>DNA</i>	4

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 101. Palabras clave de Ingeniería Química



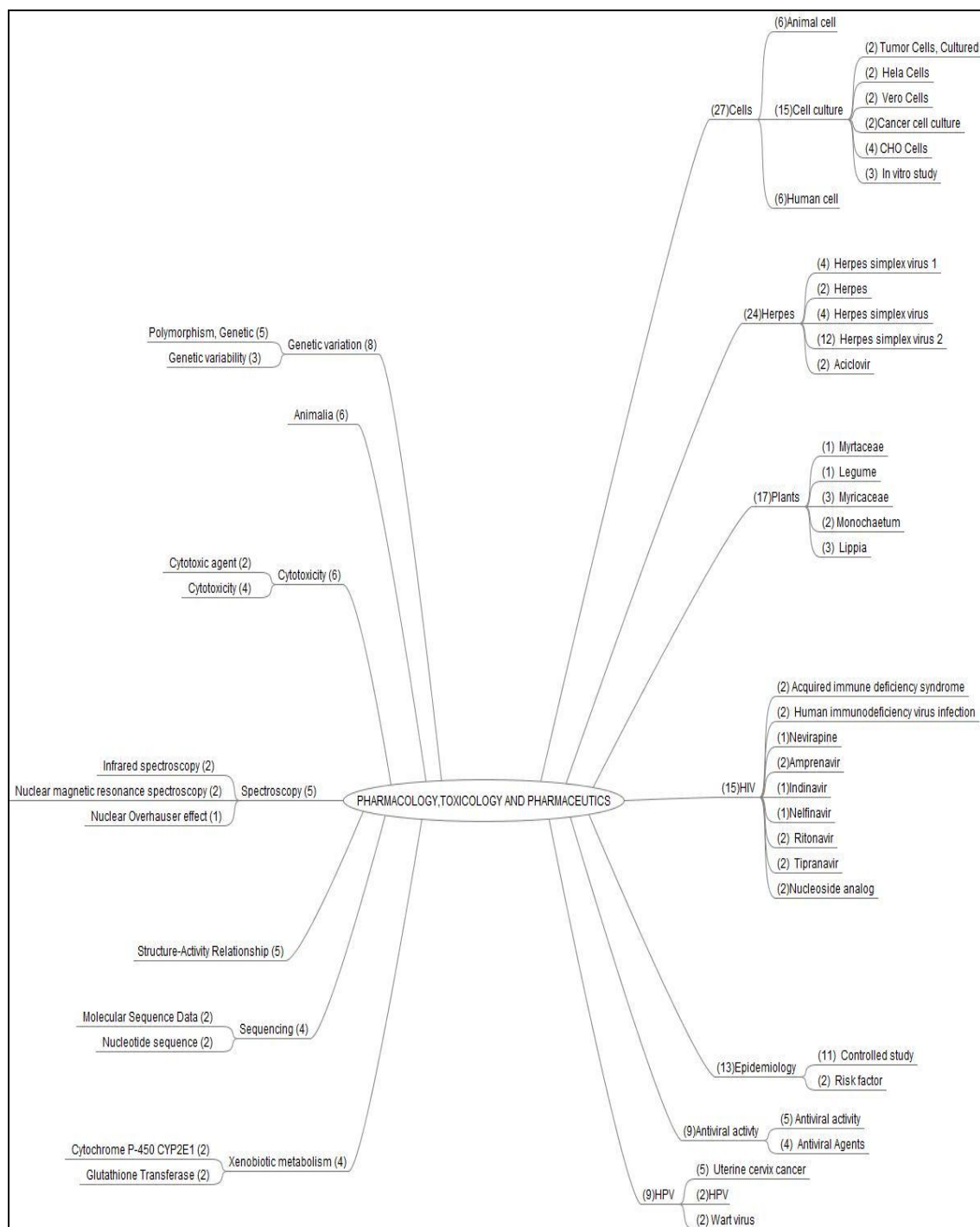
Fuente: Gráfico generado en el *software Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 102. Principales Temáticas de las áreas: Farmacología, Toxicología y Farmacéutica

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Cells</i>	27
2	<i>Herpes</i>	24
3	<i>Plants</i>	17
4	<i>HIV</i>	15
5	<i>Epidemiology</i>	13
6	<i>Antiviral activity</i>	9
7	<i>HPV</i>	9
8	<i>Genetic variation</i>	8
9	<i>Animalia</i>	6
10	<i>Cytotoxicity</i>	6
11	<i>Spectroscopy</i>	5
12	<i>Structure-Activity Relationship</i>	5
13	<i>Sequencing</i>	4
14	<i>Xenobiotic metabolism</i>	4

Fuente: Datos obtenidos en SCOPUS, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 103. Palabras clave de Farmacología, Toxicología y Farmacéutica

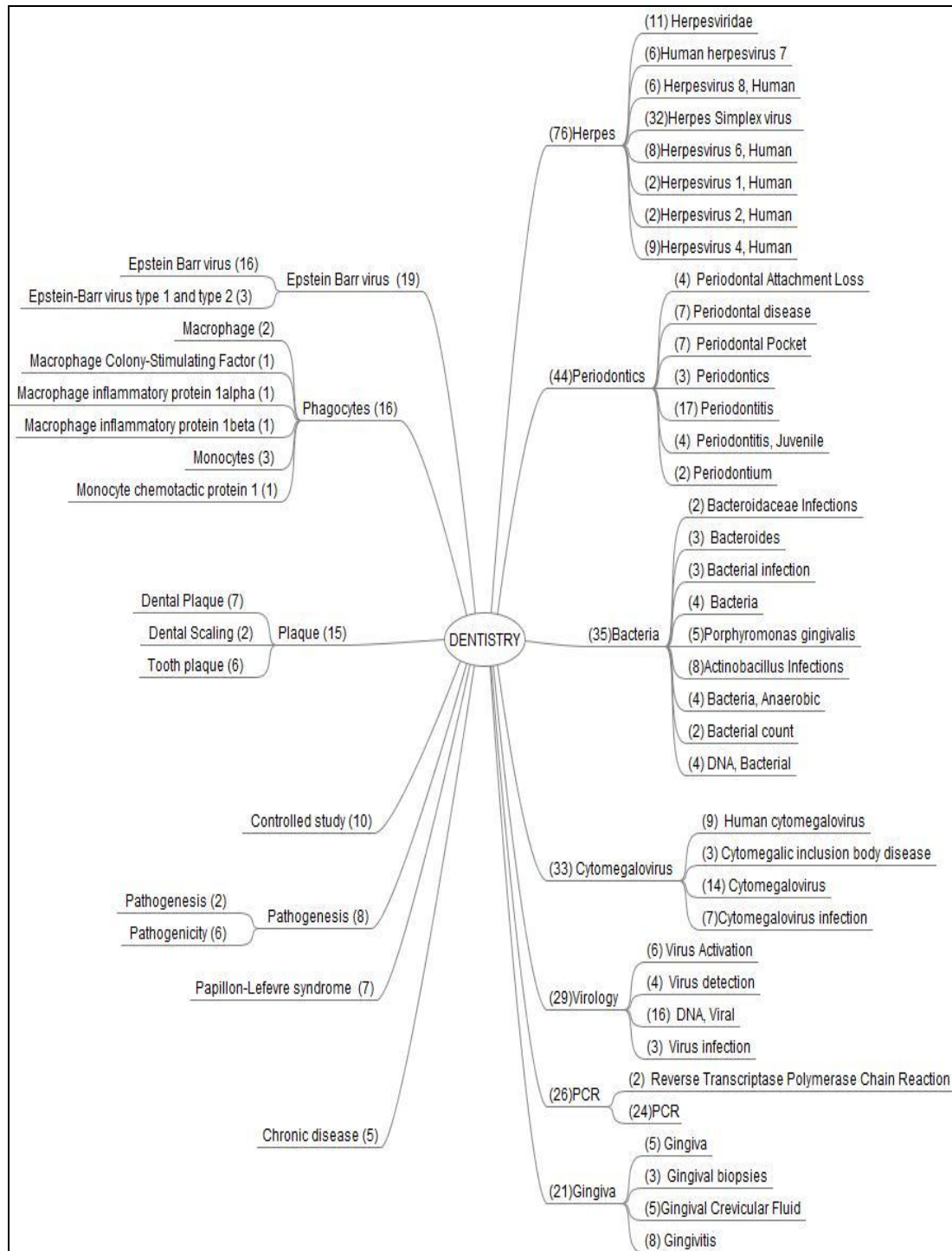


Fuente: Gráfico generado en el *software Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 104. Principales Temáticas de Odontología

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>Herpes</i>	76
2	<i>Periodontics</i>	44
3	<i>Bacteria</i>	35

Anexo 105. Palabras clave de Odontología



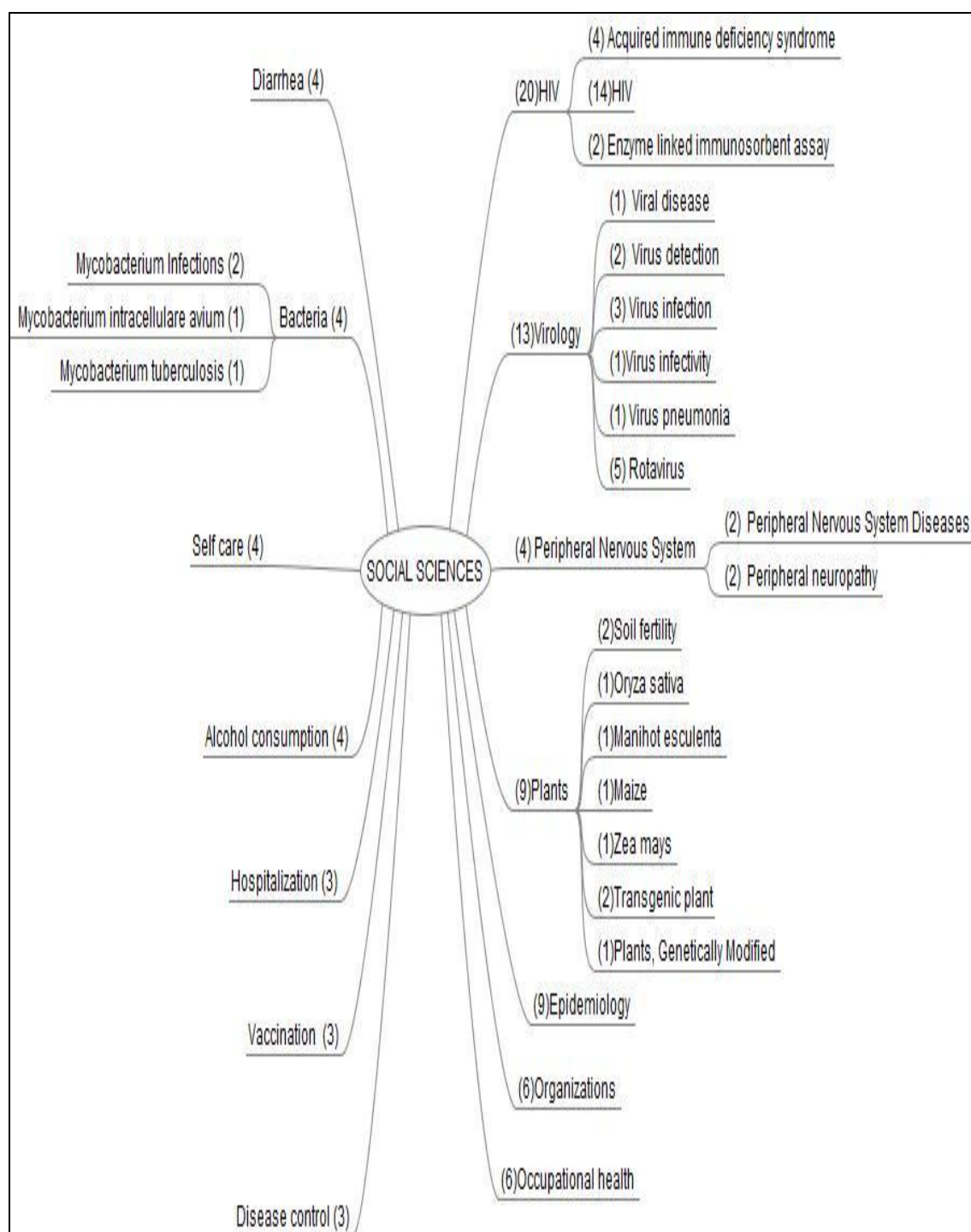
Fuente: Gráfico generado en el software *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 106. Principales Temáticas de Ciencias sociales

#	Temáticas	Frecuencia
1	<i>HIV</i>	20
2	<i>Virology</i>	13
3	<i>Plants</i>	9

Fuente: Datos obtenidos en *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 107. Palabras clave de Ciencias sociales



Fuente: Gráfico generado en el software *Freemind* a partir de los datos obtenidos en la Base de datos *SCOPUS*, Disponible en: <<http://www.scopus.com>>.

Anexo 108. Investigadores de la UIS con publicaciones biotecnológicas
(Continúa en la siguiente página)

Puesto	Nombre del autor	Número de artículos en el 2004	Número de artículos en el 2005	Número de artículos en el 2006	Número de artículos en el 2007	Número de artículos en el 2008	Total
1	STASHENKO ELENA	4	1	5	0	23	33
2	MARTÍNEZ MORALES JAIRO RENÉ	3	0	4	0	18	25
3	PEREA VILLAMIL YANETH AIDEE	3	1	5	1	12	22
4	GONZÁLEZ RUGELES CLARA ISABEL	1	3	2	8	4	18
5	TORRES SAEZ RODRIGO GONZALO	0	6	3	5	2	16
6	RODRÍGUEZ LÓPEZ NELSON FACUNDO	0	0	4	5	3	12
7	GARCÍA AYALA ERNESTO	3	1	2	3	1	10
8	OCAZONEZ JIMÉNEZ RAQUEL ELVIRA	3	0	2	1	3	9
9	CASTILLO PICO ADRIANA	4	0	1	0	3	8
10	ESCOBAR RIVERO PATRICIA	1	0	3	2	2	8
11	ORTIZ LÓPEZ CLAUDIA CRISTINA	0	0	1	2	5	8
12	ANGULO SILVA VÍCTOR MANUEL	0	2	1	4	0	7
13	MARTÍNEZ ORTEGA FERNANDO	3	1	3	0	0	7
14	ÁLVAREZ OJEDA OLGA MERCEDES	1	1	0	2	1	5
15	AYALA PIMENTEL JAIME OTONIEL	0	2	2	0	0	4
16	BERMÚDEZ ECHEVERRY JUAN JOSÉ	1	1	2	0	0	4
17	CASTILLO MONROY EDGAR FERNANDO	2	0	0	2	0	4
18	LOZANO URBINA LUZ AMPARO	0	0	4	0	0	4
19	GAMARRA HERNÁNDEZ GERMÁN	0	2	1	0	0	3
20	HERNÁNDEZ TORRES JORGE	0	1	1	0	1	3
21	KOUZNETSOV VLADIMIR VALENTINOVICH	3	0	0	0	0	3
22	RAMÍREZ PINILLA MARTHA PATRICIA	3	0	0	0	0	3
23	VARGAS CASTELLANOS CLARA INÉS	0	1	1	1	0	3
24	ARTEAGA NARVÁEZ HERMAN JOSÉ	0	0	2	0	0	2
25	BADILLO ABRIL REINALDO	0	0	0	2	0	2

Fuente: Datos obtenidos en el Sistema de Recursos Humanos de la Universidad Industrial de Santander.

Anexo 108. (Continuación)
(Página final)

Puesto	Nombre del autor	Número de artículos en el 2004	Número de artículos en el 2005	Número de artículos en el 2006	Número de artículos en el 2007	Número de artículos en el 2008	Total
26	BARRERO PÉREZ JAIME GUILLERMO	0	0	1	1	0	2
27	ESCALANTE HERNÁNDEZ HUMBERTO	0	0	1	0	1	2
28	FUENTES LORENZO JORGE LUIS	0	0	0	0	2	2
29	GIRALDO DUARTE SONIA AZUCENA	0	0	2	0	0	2
30	GUZMÁN LUNA CAROLINA	0	0	0	0	2	2
31	KAFAROV VIATCHESLAV	0	0	0	2	0	2
32	MENDOZA CASTELLANOS ALFONSO	0	1	0	1	0	2
33	MOLINA VELASCO DANIEL RICARDO	0	0	0	2	0	2
34	OROZCO VARGAS LUIS CARLOS	0	0	0	2	0	2
35	VERA CALA LINA MARÍA	0	2	0	0	0	2
36	VILLAR CENTENO LUIS ÁNGEL	1	1	0	0	0	2
37	ACEVEDO DUARTE LEONARDO	0	1	0	0	0	1
38	COMBARIZA MONTAÑEZ MARIANNY YAJAIRA	0	0	0	0	1	1
39	CHACÓN SÁNCHEZ MARÍA ISABEL	0	1	0	0	0	1
40	DAZA ESPINOSA MARTHA CECILIA	0	0	1	0	0	1
41	GARCÍA SÁNCHEZ LILIANA TORCOROMA	0	0	0	0	1	1
42	LATORRE LATORRE JOSÉ FIDEL	0	1	0	0	0	1
43	MIRANDA ESQUIVEL DANIEL RAFAEL	0	0	1	0	0	1
44	RODRÍGUEZ SANABRIA FERNANDO	0	0	0	1	0	1

Fuente: Datos obtenidos en el Sistema de Recursos Humanos de la Universidad Industrial de Santander.

Anexo 109. Colaboraciones entre los Investigadores de la UIS

Pareja de investigadores		2004	2005	2006	2007	2008	Total
ÁLVAREZ OJEDA OLGA MERCEDES	GARCÍA AYALA ERNESTO	1	0	0	0	0	1
MARTÍNEZ ORTEGA FERNANDO	PEREA VILLAMIL YANETH AIDEE	2	1	2	0	0	5
MARTÍNEZ MORALES JAIRO RENÉ	STASHENKO ELENA	3	0	4	0	17	24
GARCÍA AYALA ERNESTO	LATORRE LATORRE JOSÉ FIDEL	0	1	0	0	0	1
GAMARRA HERNÁNDEZ GERMÁN	VERA CALA LINA MARÍA	0	1	0	0	0	1
BADILLO ABRIL REINALDO	GONZÁLEZ RUGELES CLARA ISABEL	0	0	0	2	0	2
OROZCO VARGAS LUIS CARLOS	GARCÍA AYALA ERNESTO	0	0	0	2	0	2
ORTIZ LÓPEZ CLAUDIA CRISTINA	TORRES SÁEZ RODRIGO GONZALO	0	0	0	1	0	1
PEREA VILLAMIL YANETH AIDEE	STASHENKO ELENA	0	0	0	0	1	1
PEREA VILLAMIL YANETH AIDEE	ORTIZ LÓPEZ CLAUDIA CRISTINA	0	0	0	0	2	2
Total		6	3	6	5	20	40

Fuente: Datos obtenidos en el Sistema de Recursos Humanos de la Universidad Industrial de Santander.

Anexo 110. Temáticas de las publicaciones biotecnológicas UIS

Temática	2004	2005	2006	2007	2008	Total
Biología Vegetal	7	2	23	9	54	95
Medicina	14	15	15	25	10	79
Genética	7	3	6	15	15	46
Tecnología enzimática	6	3	4	4	12	29
Proteómica	0	7	4	5	4	20
Biología Industrial	6	3	6	2	0	17
Bioinformática	0	2	3	1	2	8
Cuidado del medio ambiente	2	0	0	2	3	7
Biología Animal	3	0	1	0	0	4
Biología con microorganismos	0	0	3	0	0	3

Fuente: Datos obtenidos en el Sistema de Recursos Humanos de la Universidad Industrial de Santander.

Anexo 111. Definición de patentes en biotecnología de la OECD
(Continúa en la siguiente página)

Códigos IPC (International Patent Classification)	Descripción del código*
A01H 1/00	Procedimientos de modificación de los genotipos.
A01H 4/00	Reproducción de plantas por técnicas de cultivo de tejidos.
A61K 38/00	Preparaciones medicinales que contienen péptidos.
A61K 39/00	Preparaciones medicinales que contienen antígenos o anticuerpos.
A61K 48/00	Preparaciones medicinales que contienen material genético que se introduce en las células del cuerpo vivo para tratar enfermedades genéticas; Terapia génica.
C02F 3/34	Tratamiento biológico del agua, agua residual o de alcantarilla, caracterizado por los microorganismos utilizados.
C07G 11/00	Compuestos de constitución indeterminada: antibióticos.
C07G 13/00	Compuestos de constitución indeterminada: vitaminas.
C07G 15/00	Compuestos de constitución indeterminada: hormonas.
C07K 4/00	Péptidos con hasta 20 aminoácidos en una secuencia indeterminada o sólo parcialmente determinada; Sus derivados.
C07K 14/00	Péptidos con más de 20 aminoácidos; Gastrinas; Somatostatinas; Melanotropinas; Sus derivados.
C07K 16/00	Inmunoglobulinas, p. ej. Anticuerpos mono o policlonales.
C07K 17/00	Péptidos fijados sobre un soporte o inmovilizados; Su preparación.
C07K 19/00	Péptidos híbridos
C12M	Equipos para enzimología o microbiología
C12N	Microorganismos o enzimas; composiciones que los contienen
C12P	Procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico dado o de una composición dada, o para la separación de isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica.
C12Q	Procesos de medida, investigación o análisis en los que intervienen enzimas o microorganismos; composiciones o papeles reactivos para este fin; procesos para preparar estas composiciones; procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos.

* **Fuente:** <http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES> WIPO,

Anexo 111. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

Códigos IPC	Descripción del código
C12S	Procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para liberar, separar o purificar un compuesto o una composición preexistentes; procedimientos que utilizan enzimas o microorganismos para tratar textiles o para limpiar superficies de materiales sólidos.
G01N 27/327	Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas: electrodos bioquímicos.
G01N 33/53*	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos anteriores: Ensayos inmunológicos; Ensayos en los que interviene la formación de uniones bioespecíficas; Materiales a este efecto.
G01N 33/54*	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: en los que interviene un doble o un segundo anticuerpo; con inhibición estérica o modificación de la señal, p. ej. Extinción de fluorescencia; con un soporte insoluble para la inmovilización de compuestos inmunoquímicos: Soporte orgánico; Resina sintética: bajo forma de partículas que pueden ser puestas en suspensión en el agua, con un antígeno o un anticuerpo ligados al soporte vía un agente de puenteado; Hidratos de carbono, p. ej. Dextrano: con un antígeno o un anticuerpo aprisionados en el soporte.
G01N 33/55*	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: Soporte inorgánico: Vidrio o sílice, Soporte metálico o recubierto de un metal; siendo el soporte una célula o un fragmento de célula biológica, p. ej. Células de bacterias, de levadura: Glóbulo rojo, Glóbulo rojo fijado o estabilizado; utilizando medidas cinéticas, es decir medida de la evolución en función del tiempo de interacción antígeno-anticuerpo: en un gel, p. ej. Técnica de Ouchterlony.
G01N 33/57*	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: para enfermedades venéreas, p. ej. Sífilis, gonorrea, herpes; para enzimas o isoenzimas; para el cáncer; para la hepatitis; en los que intervienen anticuerpos monoclonados; en los que interviene un lisado de limulus.

* Los códigos IPC señalados con * incluyen también sub-grupos superiores a un dígito (0 o 1 dígito). Por ejemplo, adicionalmente al código G01N 33/53, los códigos G01N 33/531, G01N 33/532, etcétera, están incluidos.

Anexo 111. (Continuación)
(Página final)

Códigos IPC (International Patent Classification)	Descripción del código*
G01N 33/68	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: en los que intervienen proteínas, péptidos o aminoácidos.
G01N 33/74	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: en los que intervienen hormonas.
G01N 33/76	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos anteriores: Gonadotropina coriónica humana.
G01N 33/78	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: Hormonas de la glándula tiroides.
G01N 33/88	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: en los que intervienen prostaglandinas.
G01N 33/92	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos no cubiertos por los grupos precedentes: en los que intervienen lípidos, p. ej. Colesterol.

* **Fuente:** WIPO,
<http://www.wipo.int/classifications/ipc/ipc8trans/es/ipcpub/?lang=es&menulang=ES>

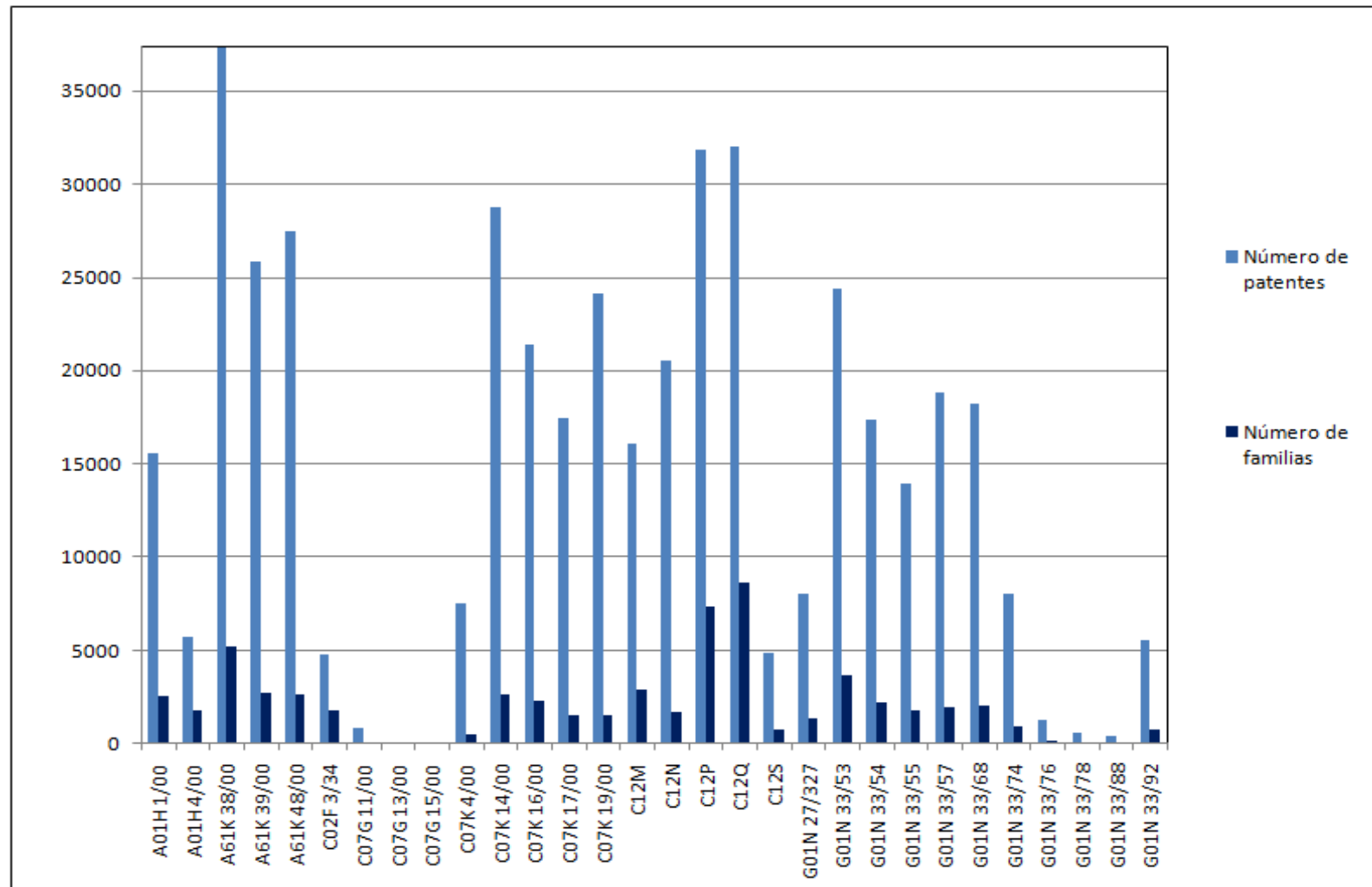
Anexo 112. Número de patentes y familias por cada código IPC

Número	Códigos IPC (<i>International Patent Classification</i>)	Número de patentes	Número de familias
1	A01H 1/00	15603	2563
2	A01H 4/00	5744	1784
3	A61K 38/00	37322	5185
4	A61K 39/00	25877	2758
5	A61K 48/00	27459	2643
6	C02F 3/34	4814	1808
7	C07G 11/00	841	64
8	C07G 13/00	91	14
9	C07G 15/00	29	6
10	C07K 4/00	7496	469
11	C07K 14/00	28762	2621
12	C07K 16/00	21355	2294
13	C07K 17/00	17473	1506
14	C07K 19/00	24101	1541
15	C12M	16084	2855
16	C12N*	20574	1659
17	C12P	31820	7306
18	C12Q	31982	8667
19	C12S	4838	773
20	G01N 27/327	8011	1322
21	G01N 33/53	24402	3648
22	G01N 33/54	17385	2207
23	G01N 33/55	13967	1744
24	G01N 33/57	18837	1942
25	G01N 33/68	18265	2044
26	G01N 33/74	8046	940
27	G01N 33/76	1244	125
28	G01N 33/78	564	66
29	G01N 33/88	439	64
30	G01N 33/92	5540	766

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

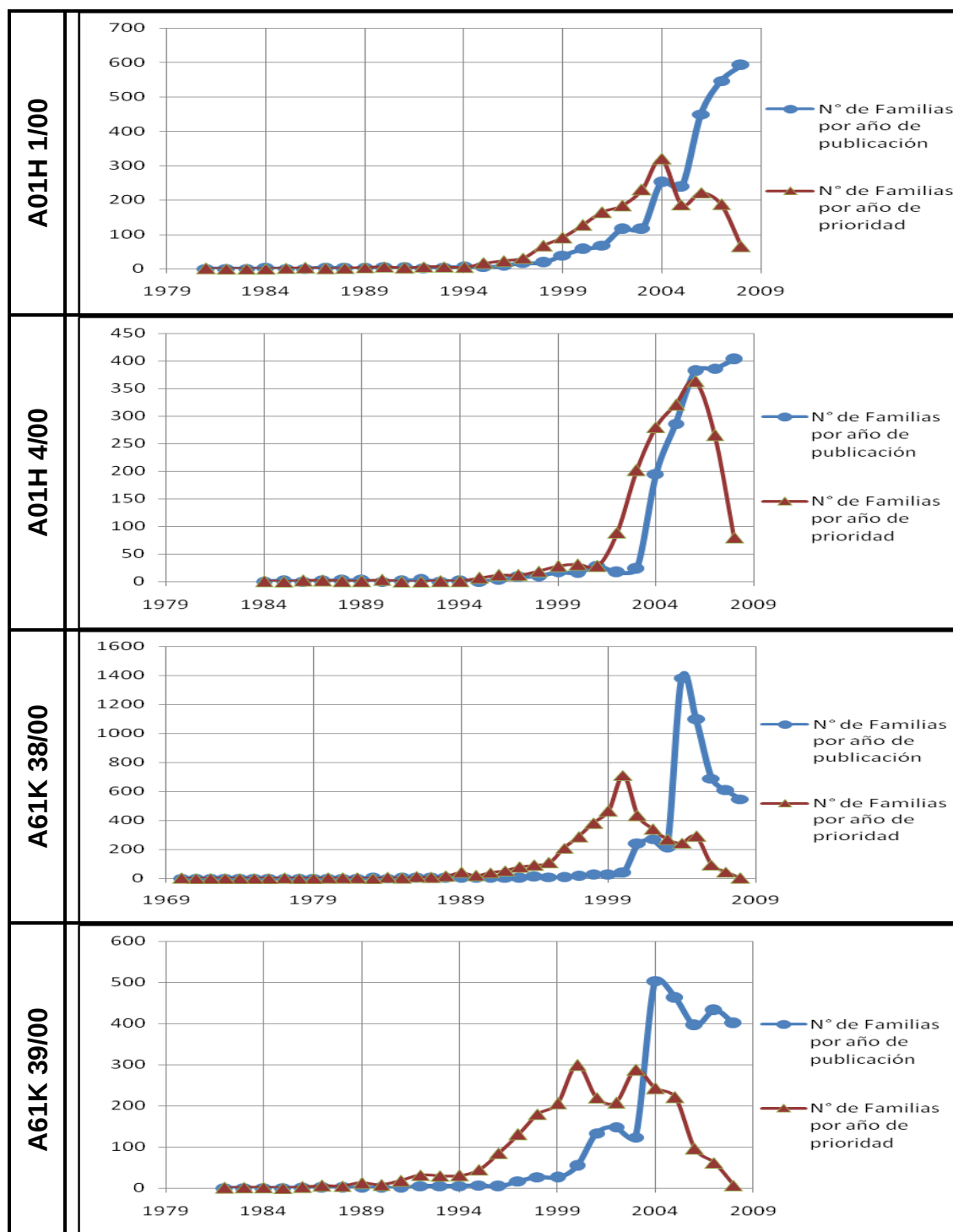
* El código C12N solo tiene las familias y patentes de la base de patentes *EPO-Worldwide*, debido a que el archivo descargado era demasiado pesado y el computador no pudo procesarlo.

Anexo 113. Gráfico de las frecuencias de familias y patentes

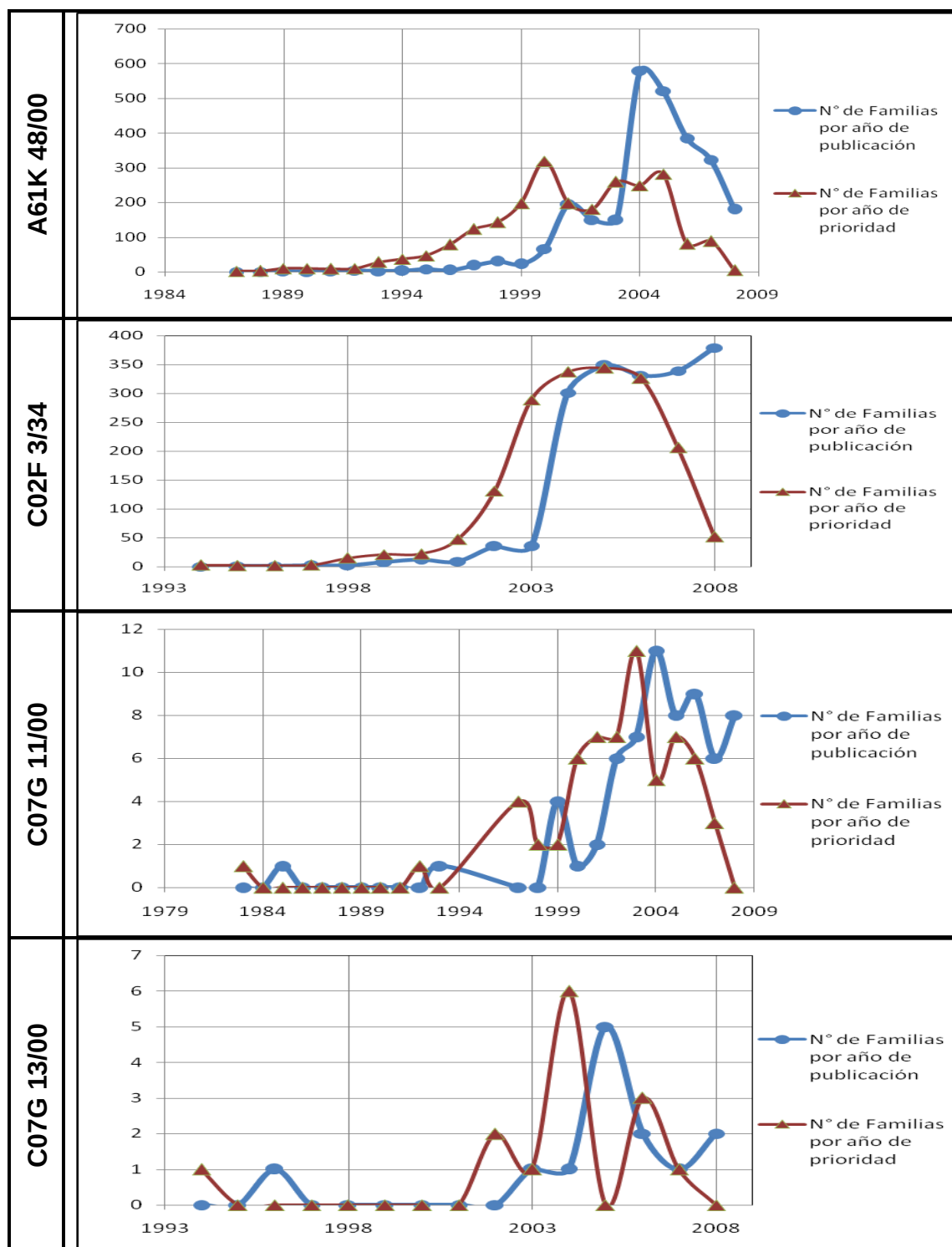


Fuente: Gráfica generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

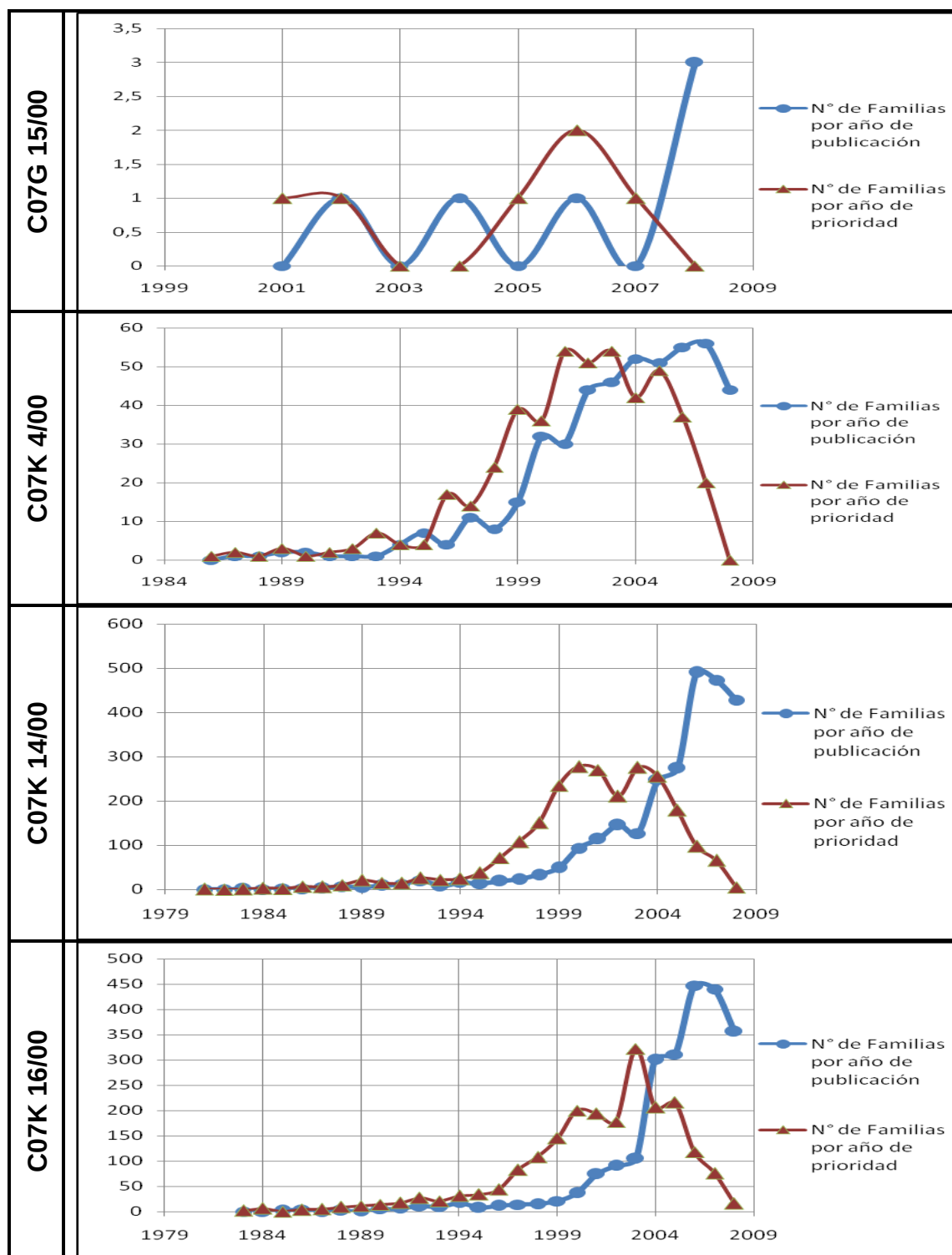
Anexo 114. Número de familias de cada código IPC por año
(Continúa en la siguiente página)



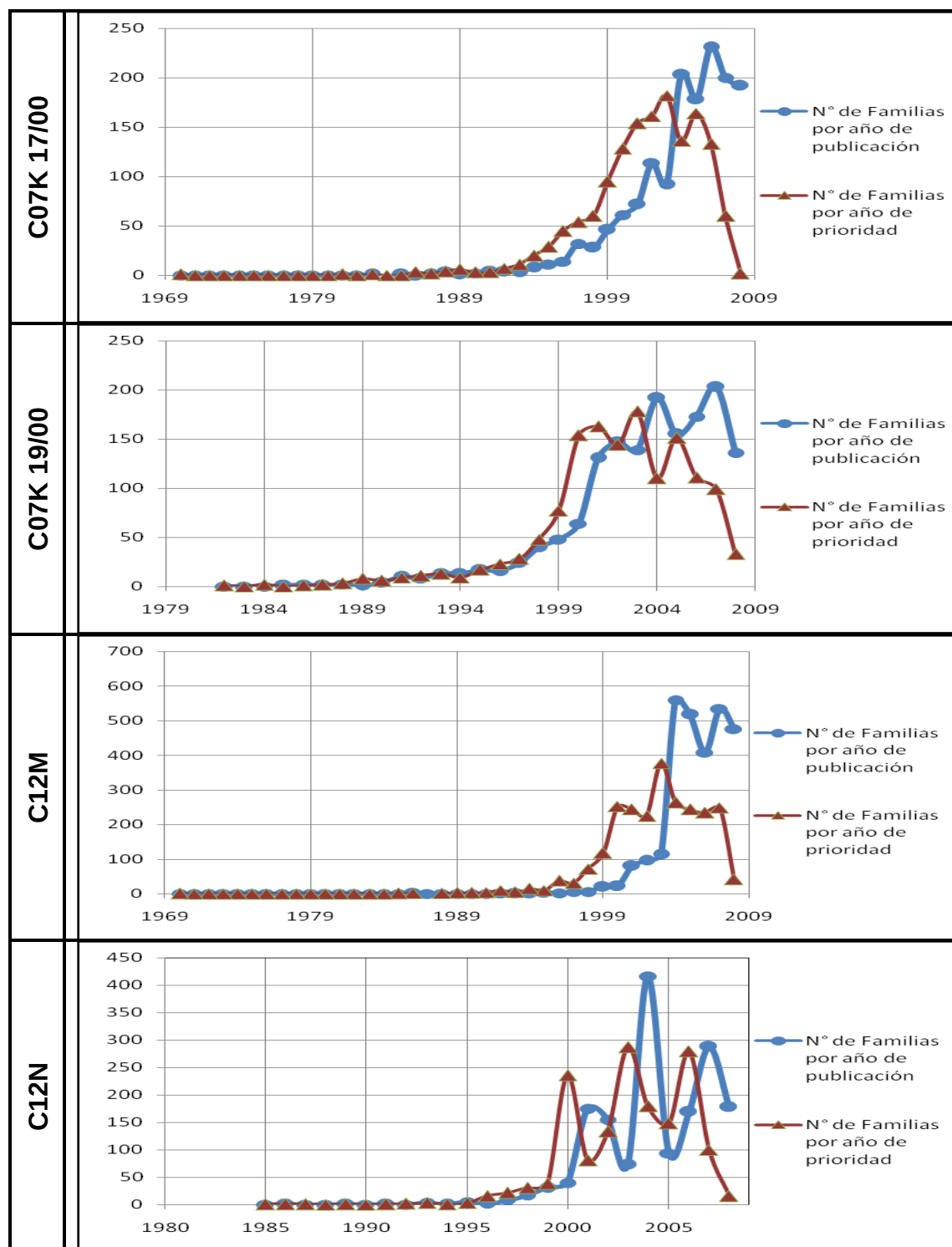
Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



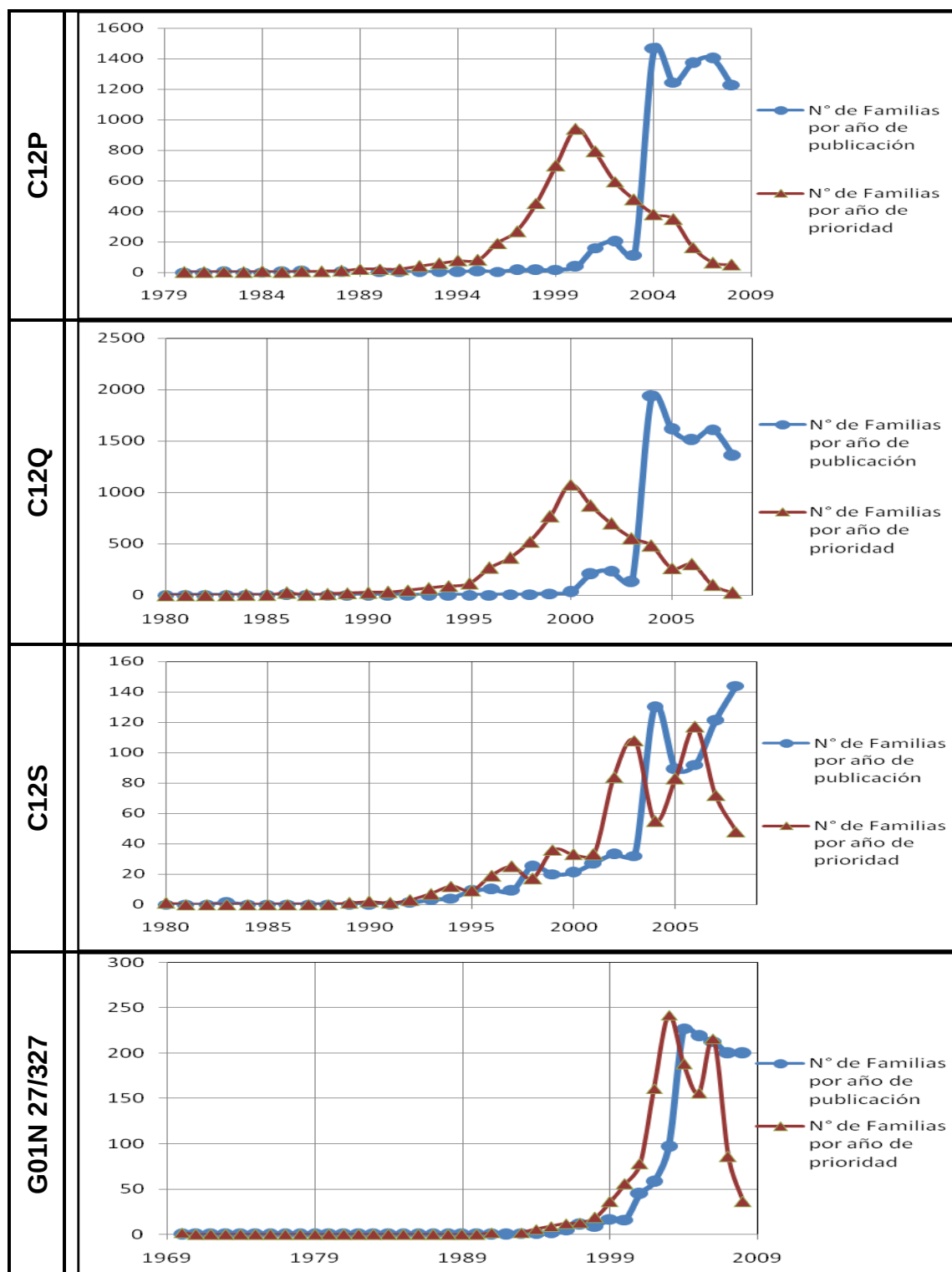
Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



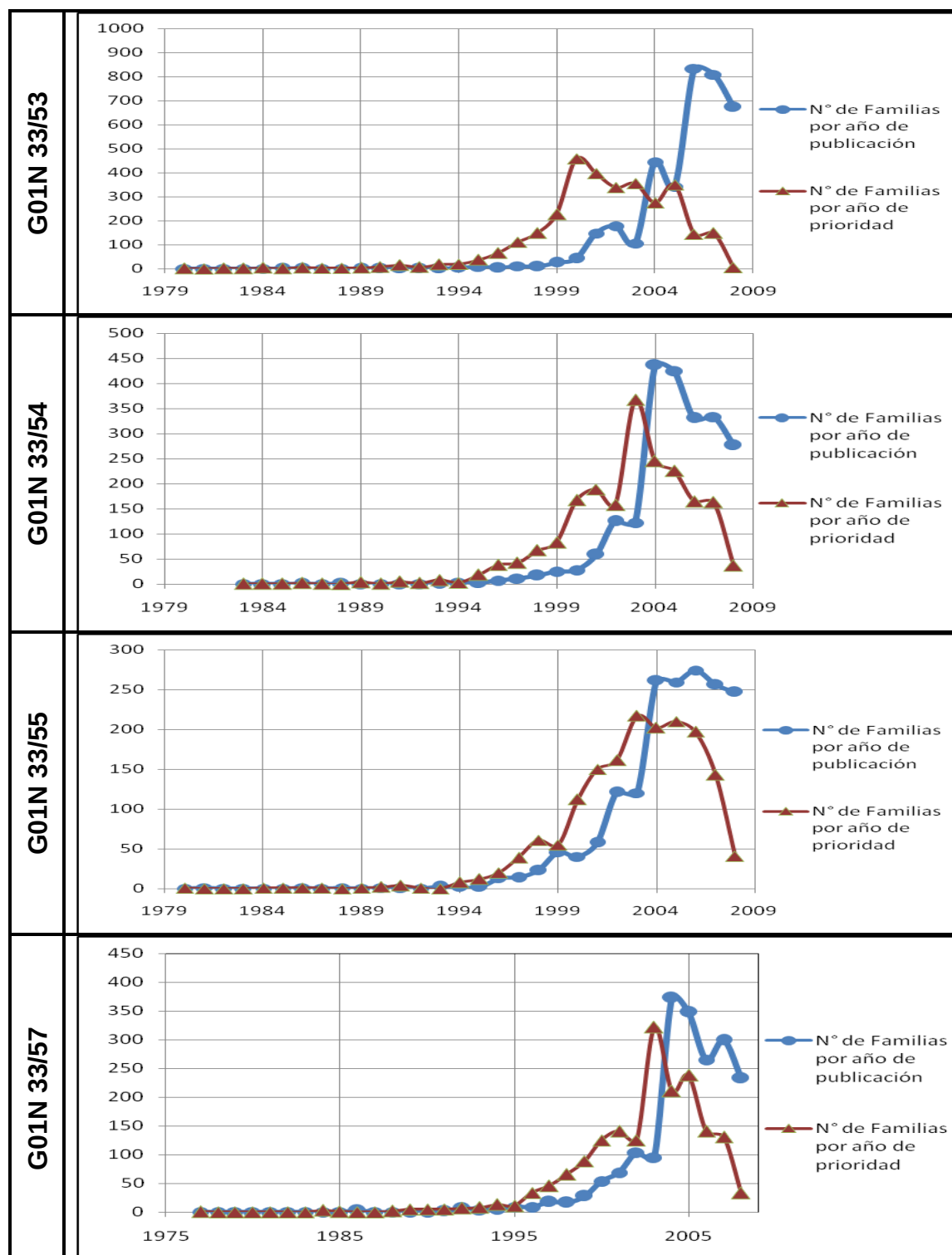
Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



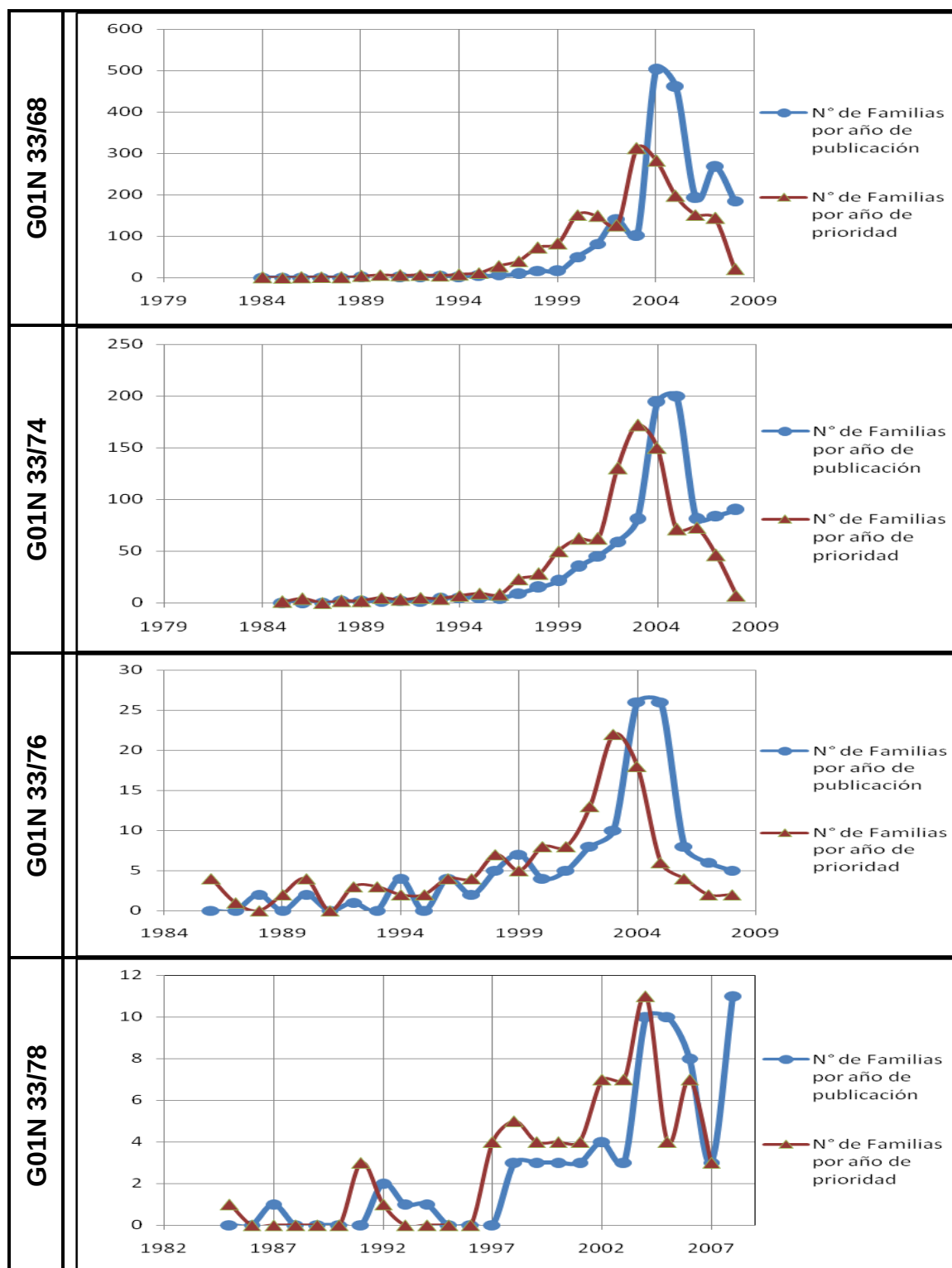
Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



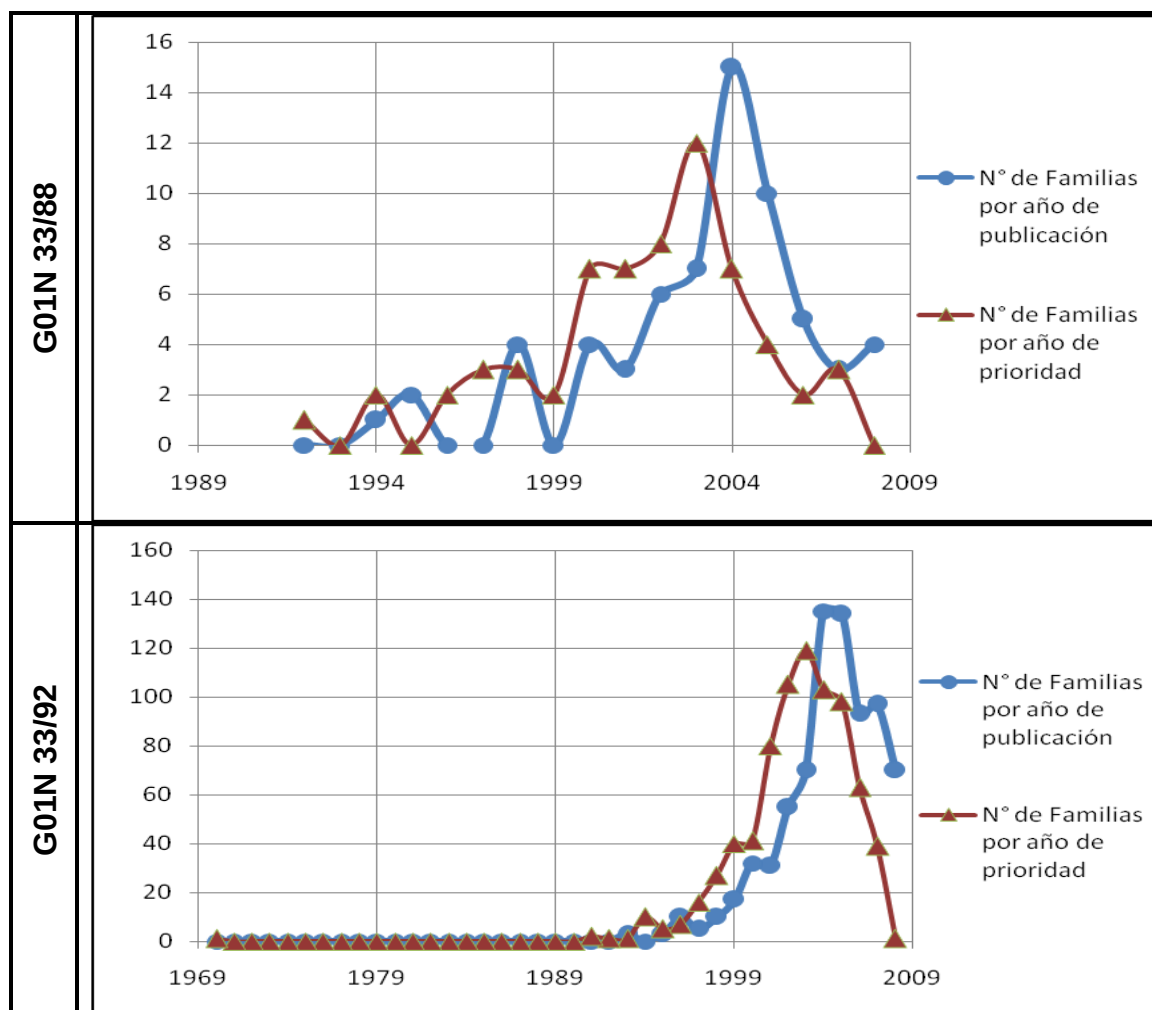
Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 114. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

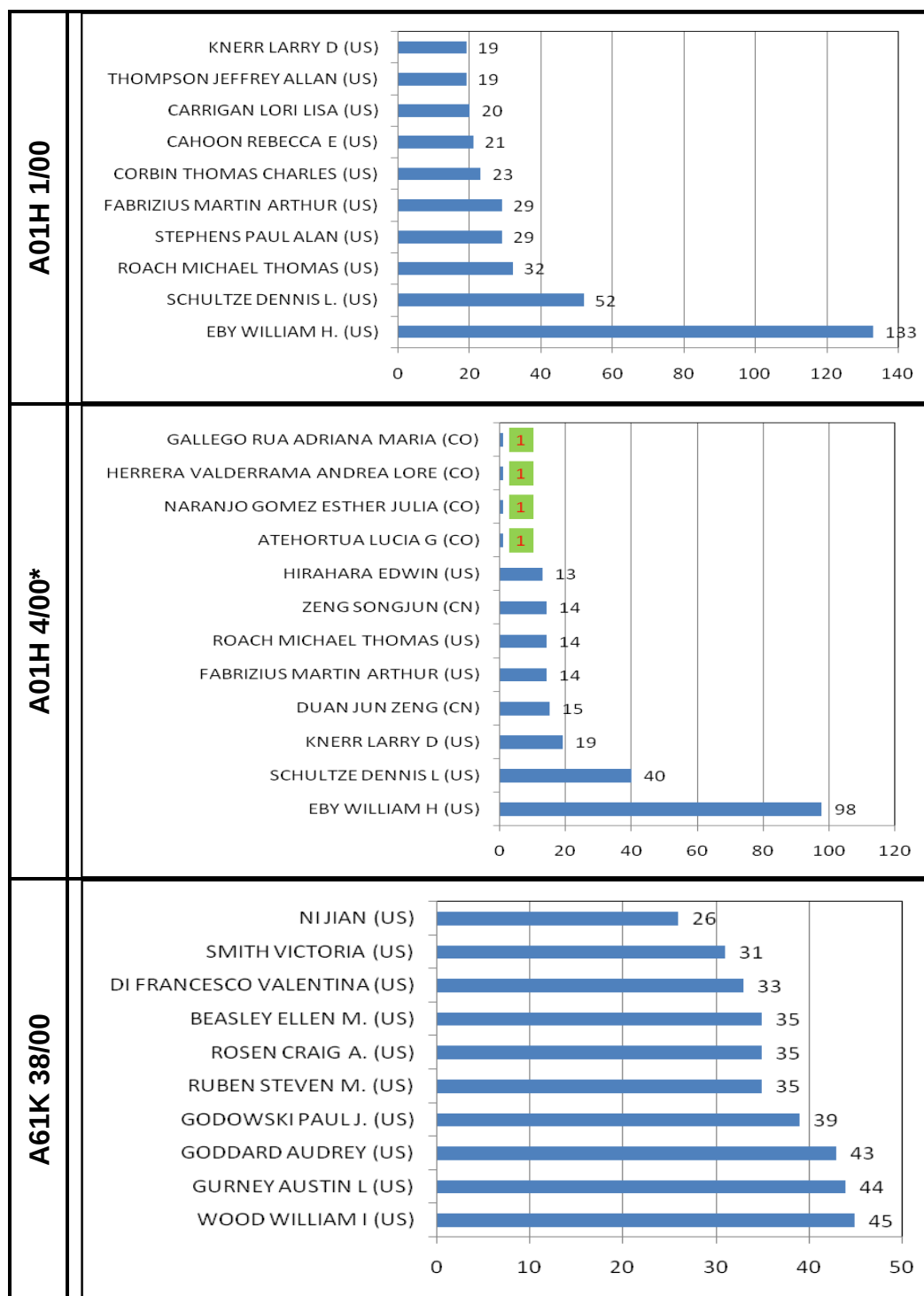


Anexo 114. (Continuación)
(Página final)



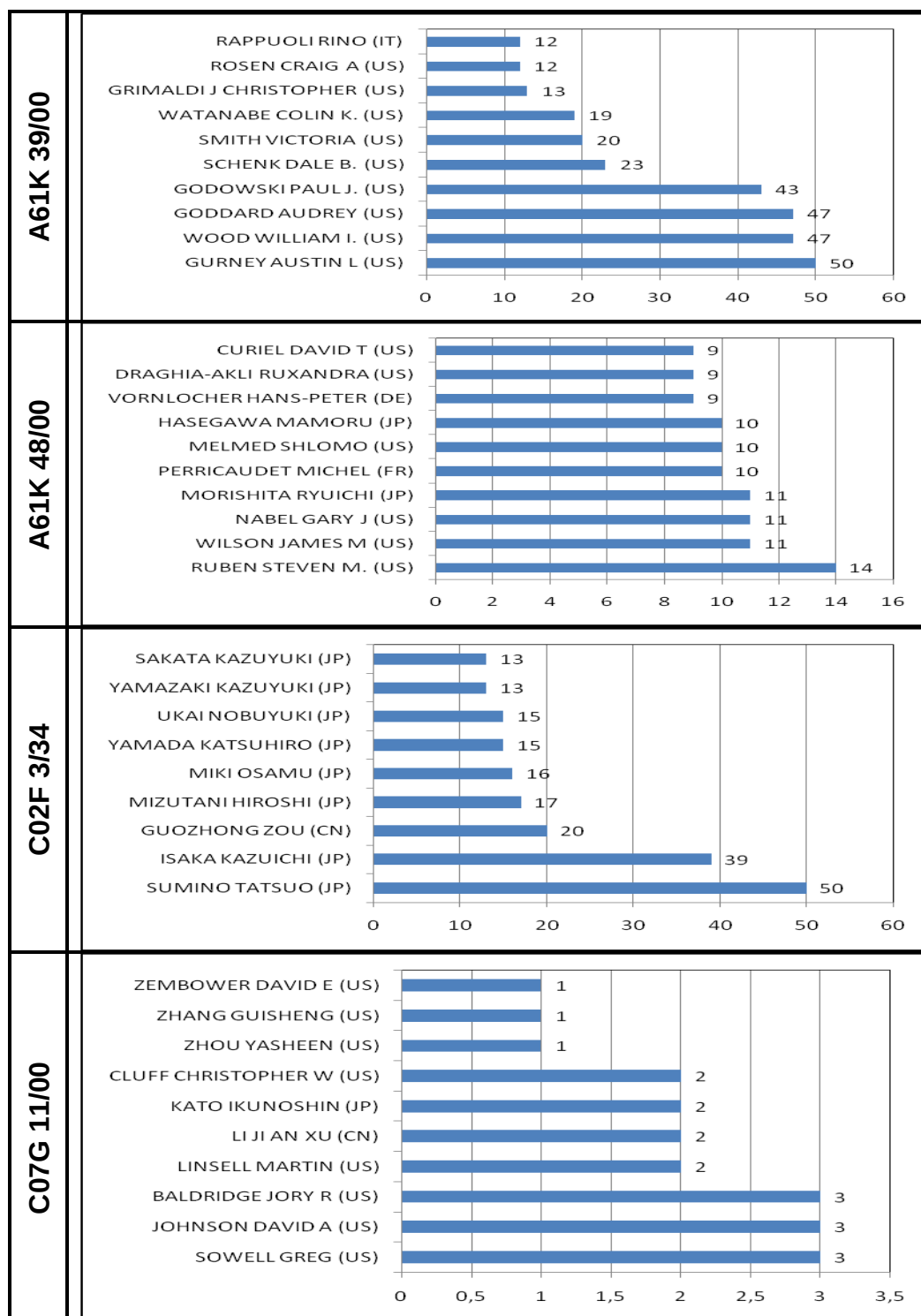
Fuente: Gráficas generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 115. Inventores con el mayor número de familias
(Continúa en la siguiente página)

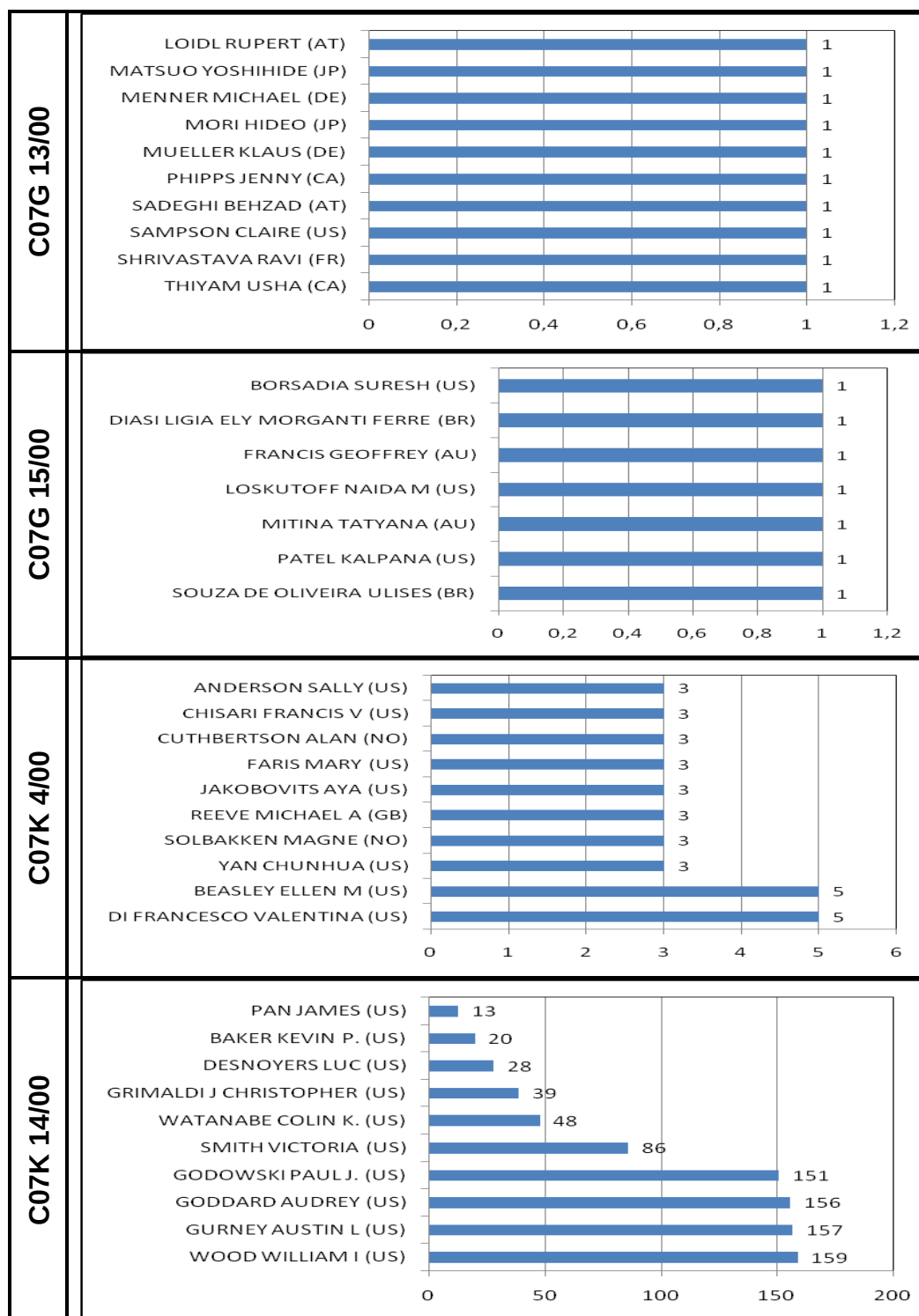


* Los números resaltados en el código **A01H 4/00** corresponden a inventores colombianos.

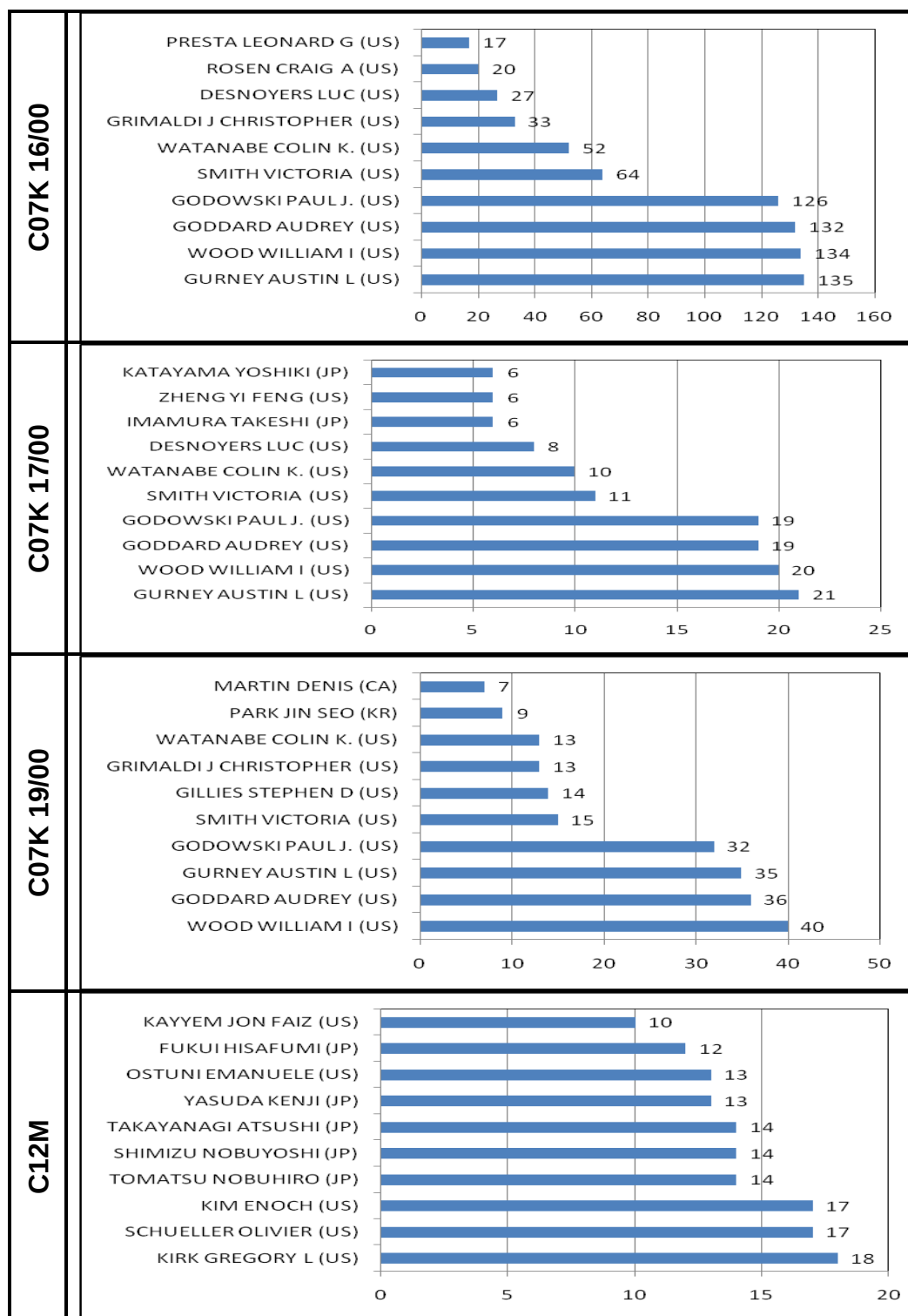
Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



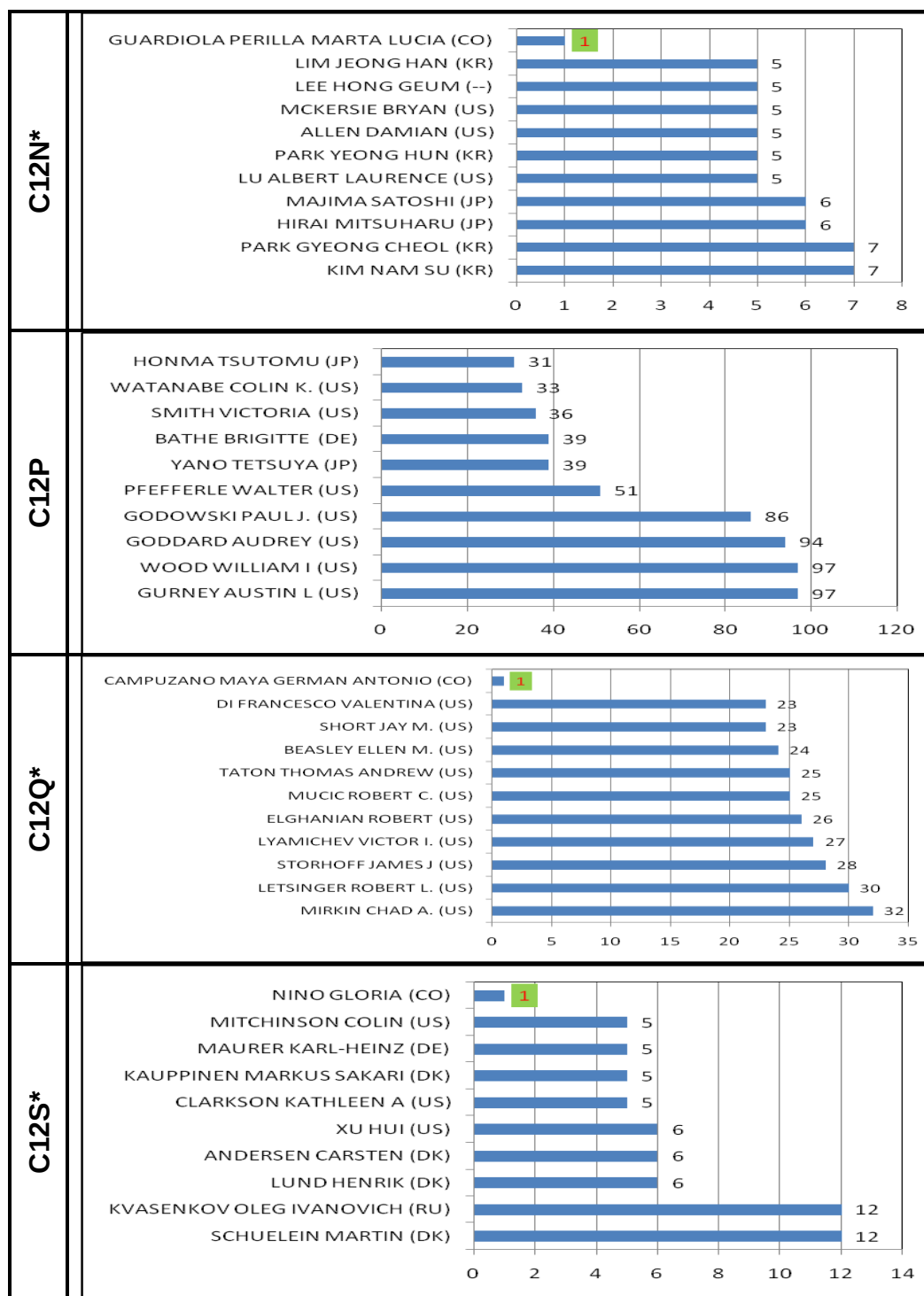
Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

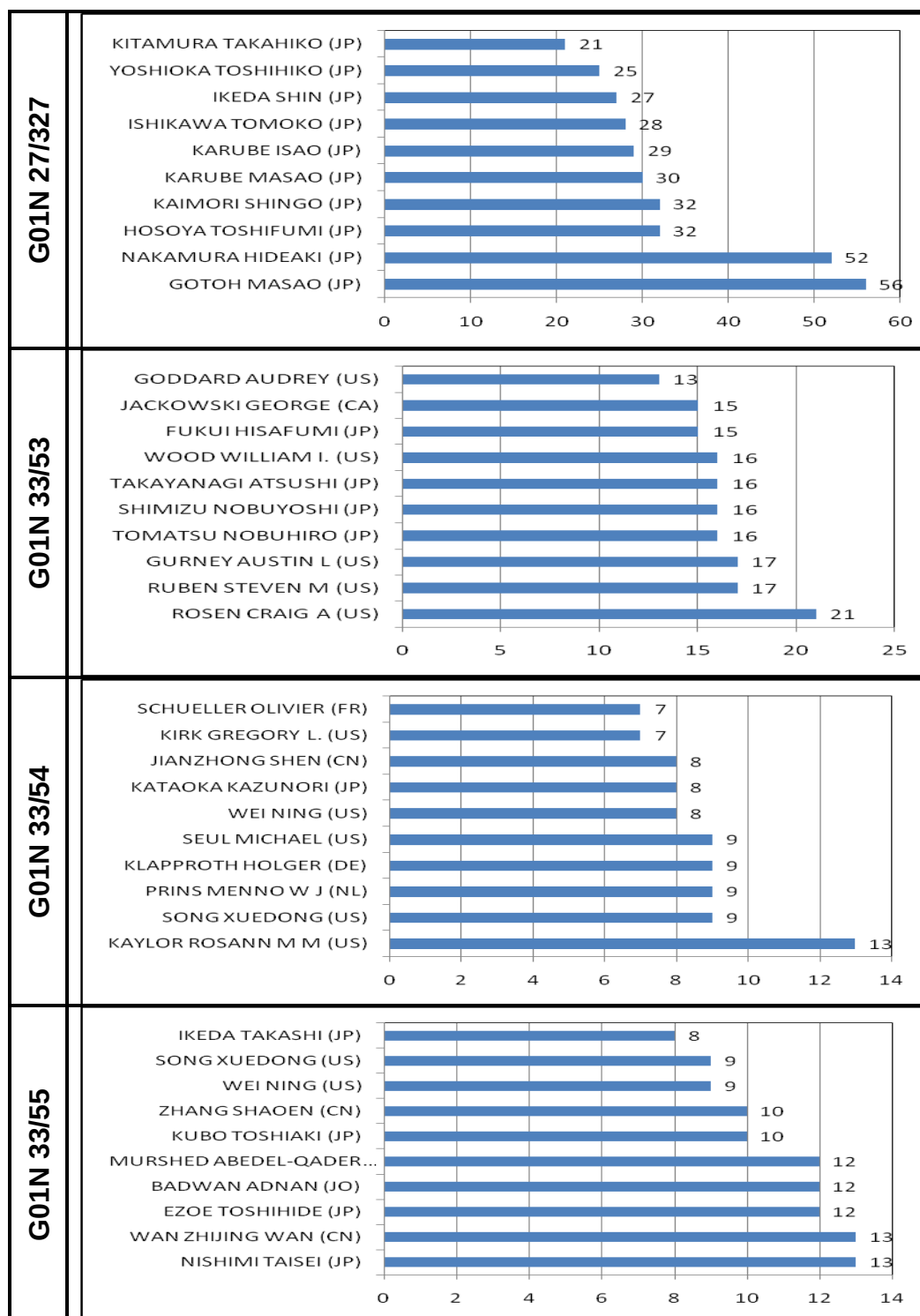


Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

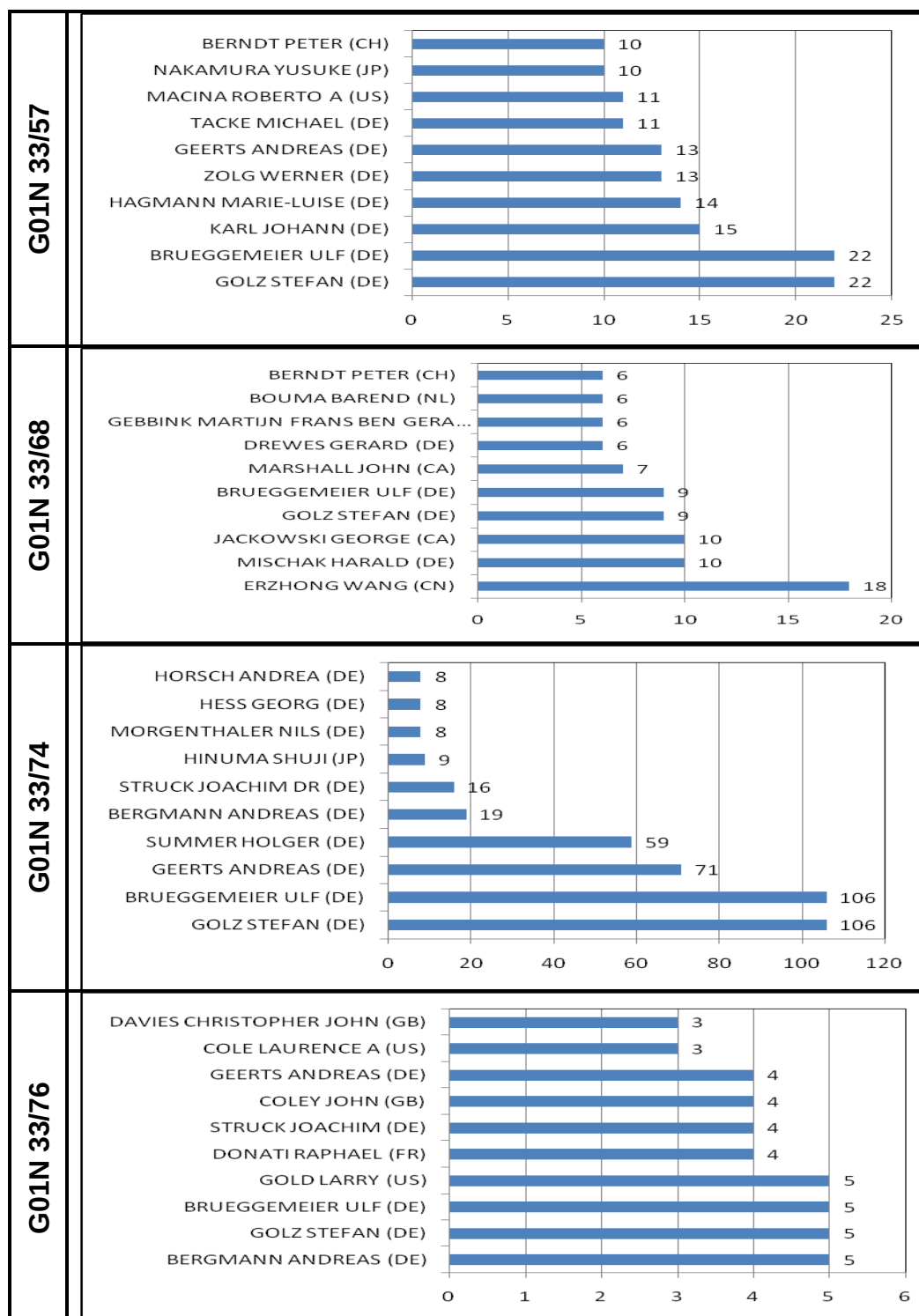


* Los números resaltados en los códigos **C12N**, **C12Q** y **C12S**, corresponden a inventores colombianos.

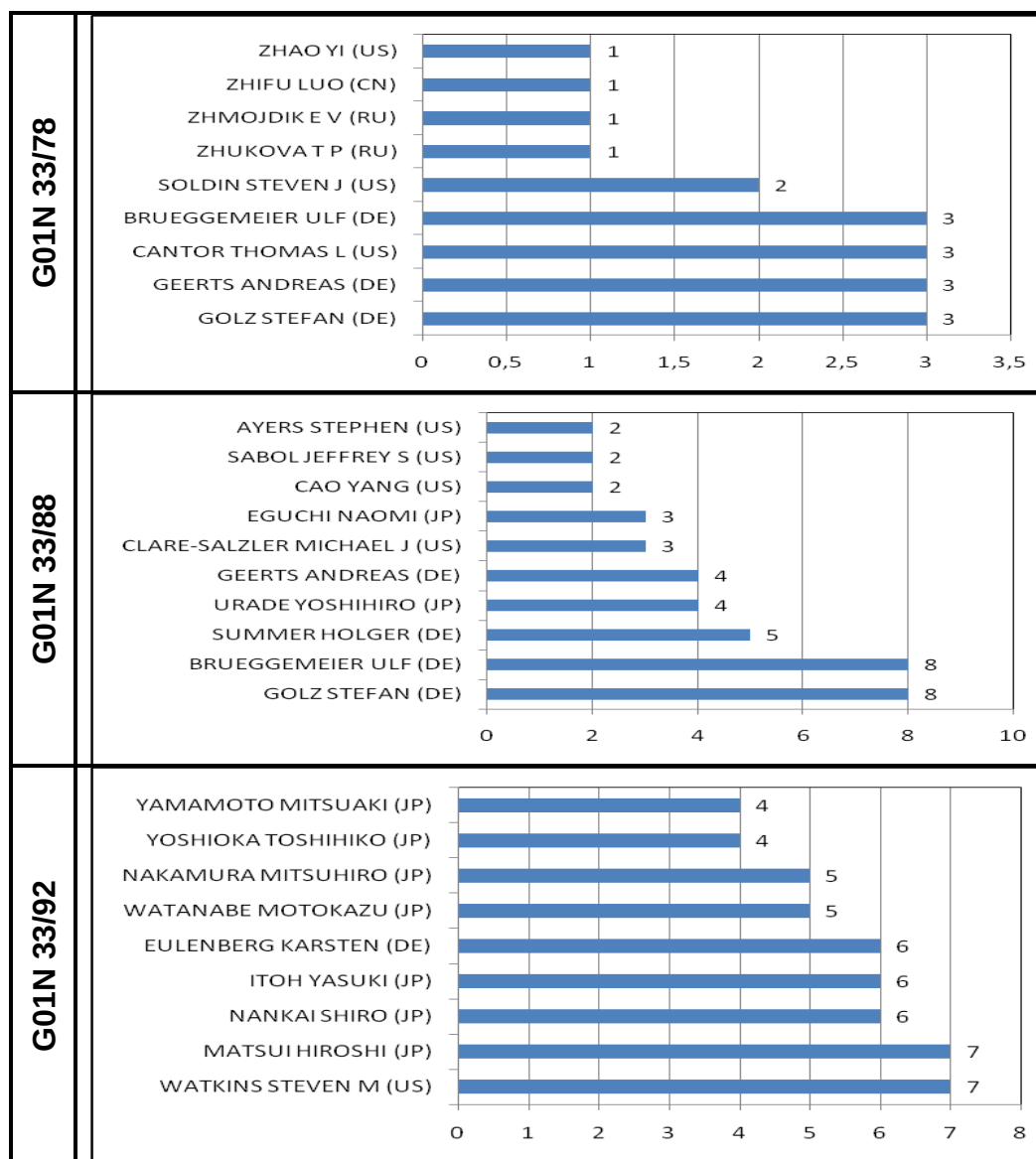
Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 115. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 115. (Continuación)
(Página final)



Fuente: Gráficas generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 116. Inventores destacados pertenecientes a GENENTECH INC

Inventor	Códigos IPC							
	A61K 38/00		A61K 39/00		C07K 14/00		C07K 16/00	
WOOD WILLIAM I (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	1	45	2	47	1	159	2	134
GURNEY AUSTIN L (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	2	44	1	50	2	157	1	135
GODDARD AUDREY (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	3	43	3	47	3	156	3	132
GODOWSKI PAUL J. (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	4	39	4	43	4	151	4	126
Inventor	Códigos IPC							
	C07K 17/00		C07K 19/00		C12P		G01N 33/53	
WOOD WILLIAM I (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	2	20	1	40	2	97	7	16
GURNEY AUSTIN L (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	1	21	3	36	1	97	3	17
GODDARD AUDREY (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	3	19	2	35	3	94	10	13
GODOWSKI PAUL J. (US)	#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	4	19	4	32	4	86	12	11

Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

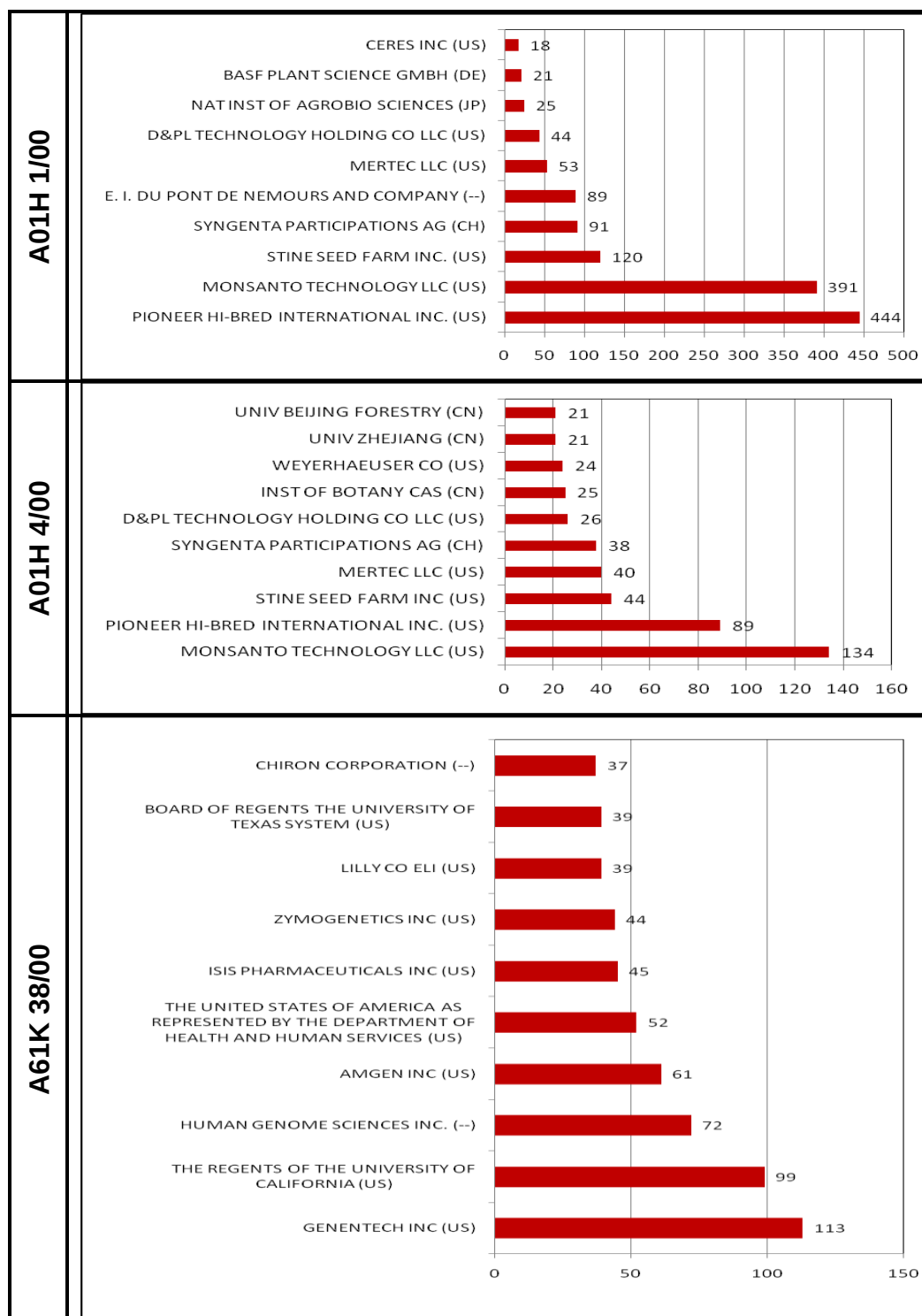
Anexo 117. Inventores destacados de BAYER HEALTHCARE

Inventor	Códigos IPC					
	G01N 33/57		G01N 33/74		G01N 33/76	
GOLZ STEFAN (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	1	22	1	106	1	5
BRUEGGEMEIER ULF (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	2	22	2	106	2	5
GEERTS ANDREAS (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	6	13	3	71	3	5
Inventor	Códigos IPC					
	G01N 33/78		G01N 33/88		G01N 33/68	
GOLZ STEFAN (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	1	3	1	8	4	9
BRUEGGEMEIER ULF (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	3	3	2	8	5	9
GEERTS ANDREAS (DE)	#	Familias	#	Familias	#	Familias
	2	3	5	4	19	5

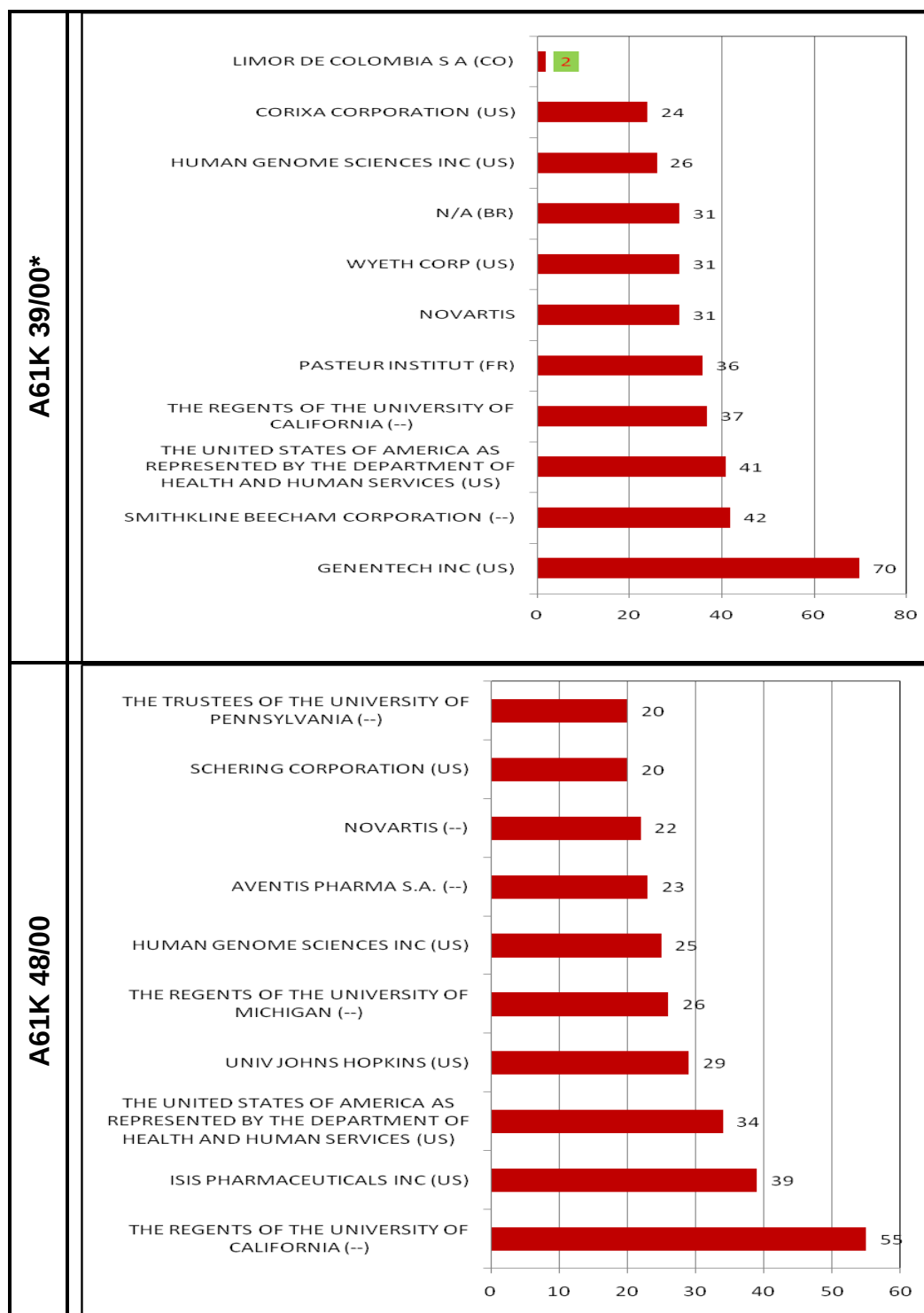
Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 118. Titulares de patentes con el mayor número de familias
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

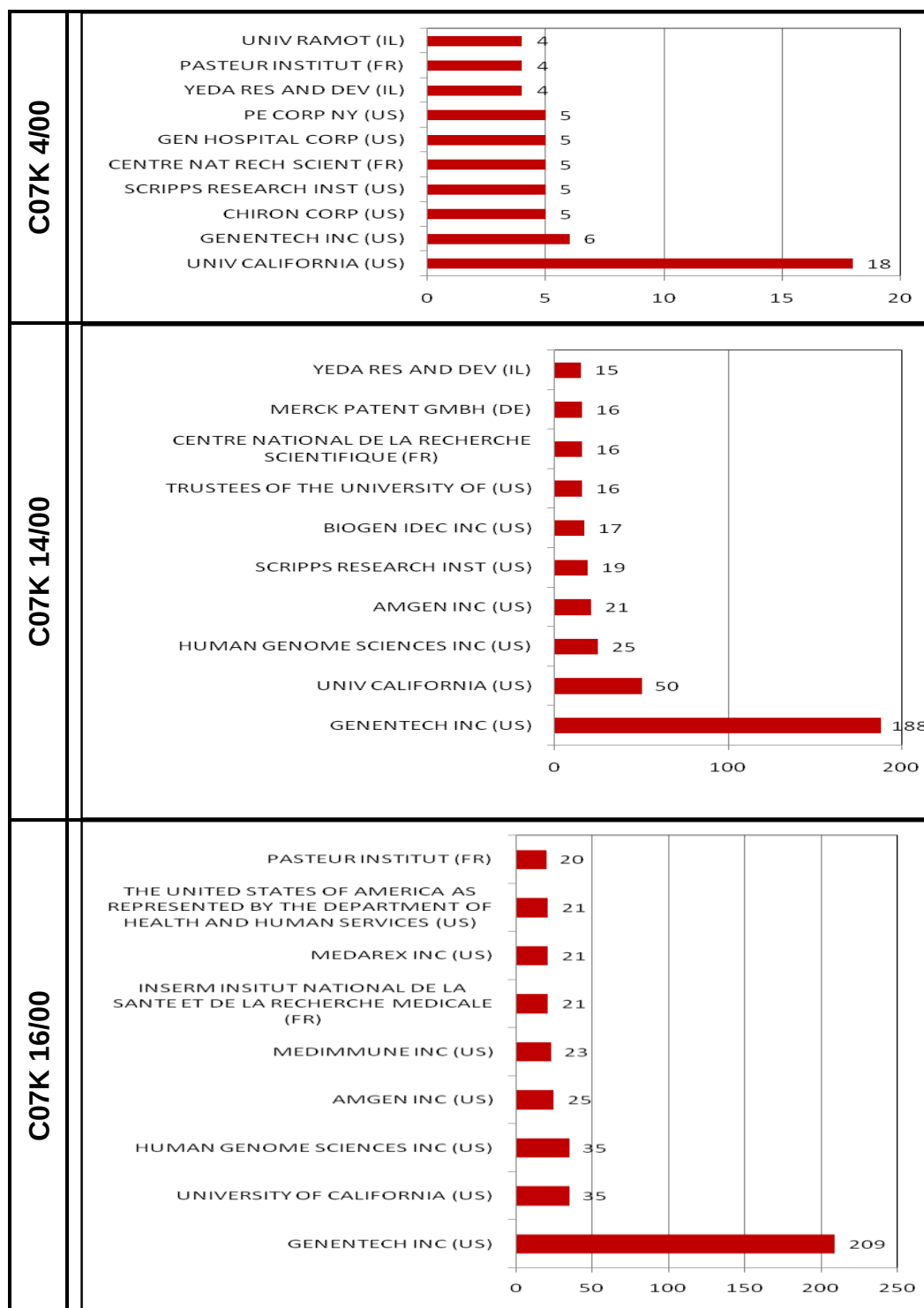


* El número resaltado en el código **A61K 39/00** corresponde a un titular de patente colombiano.

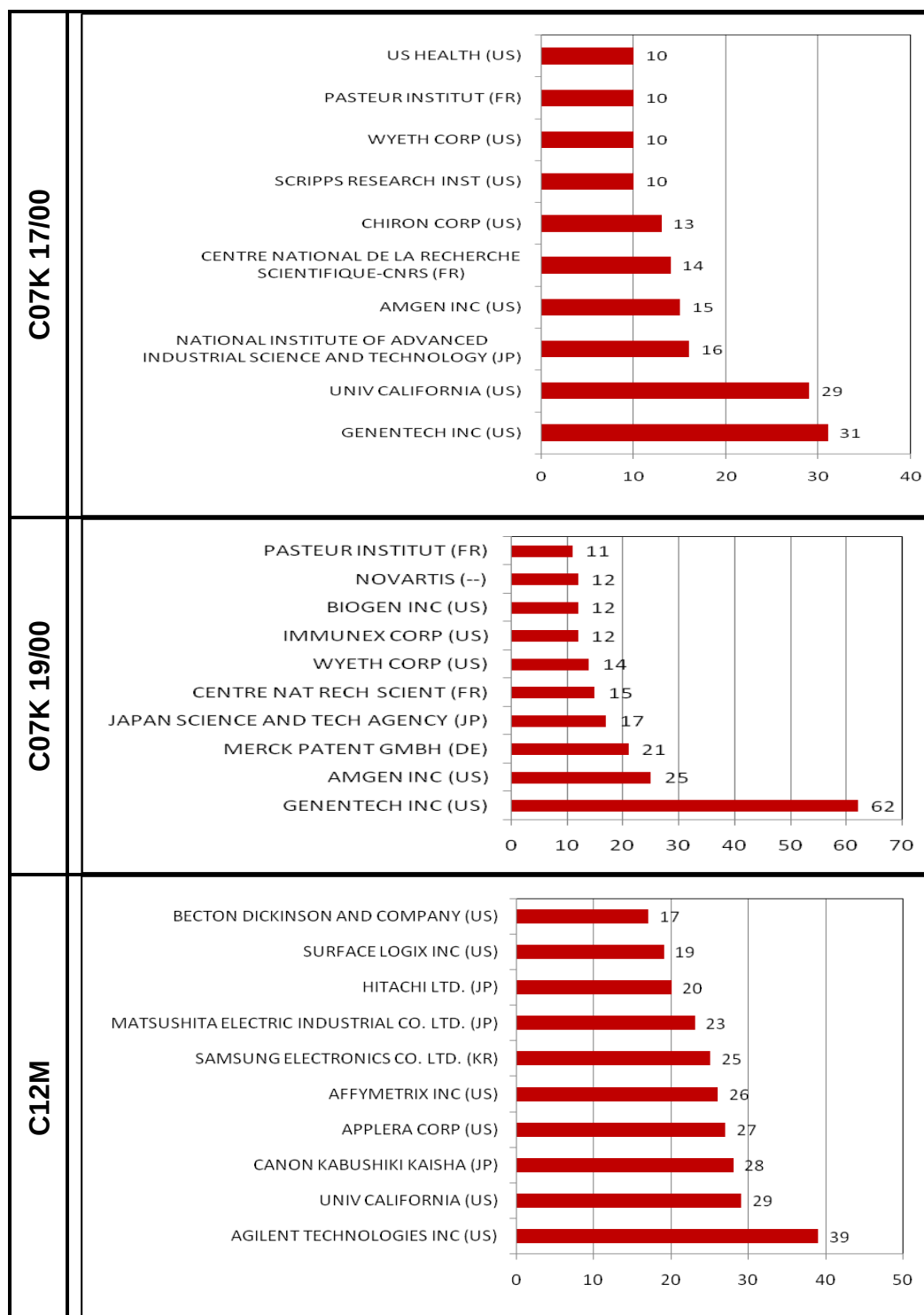
Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



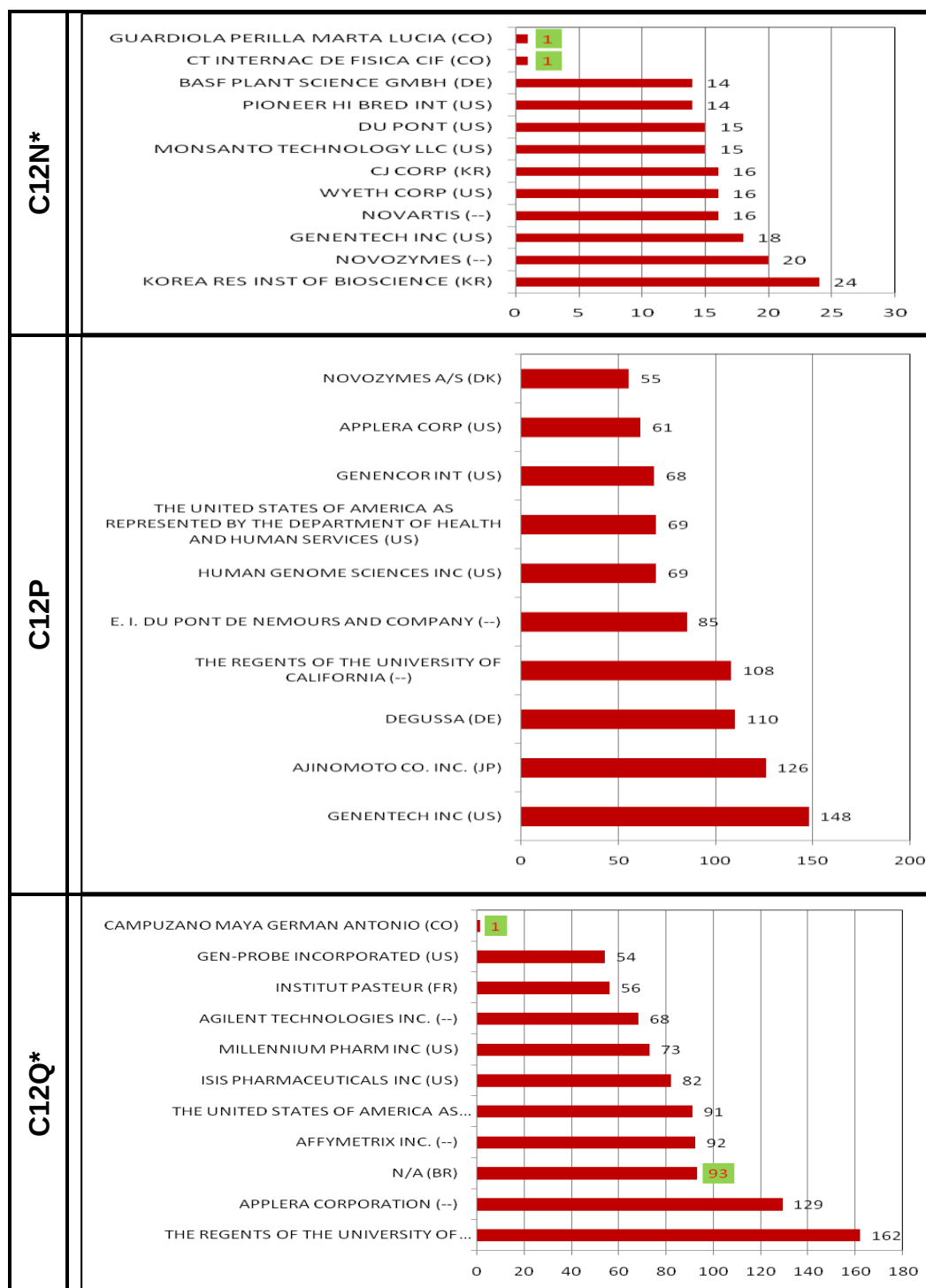
Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

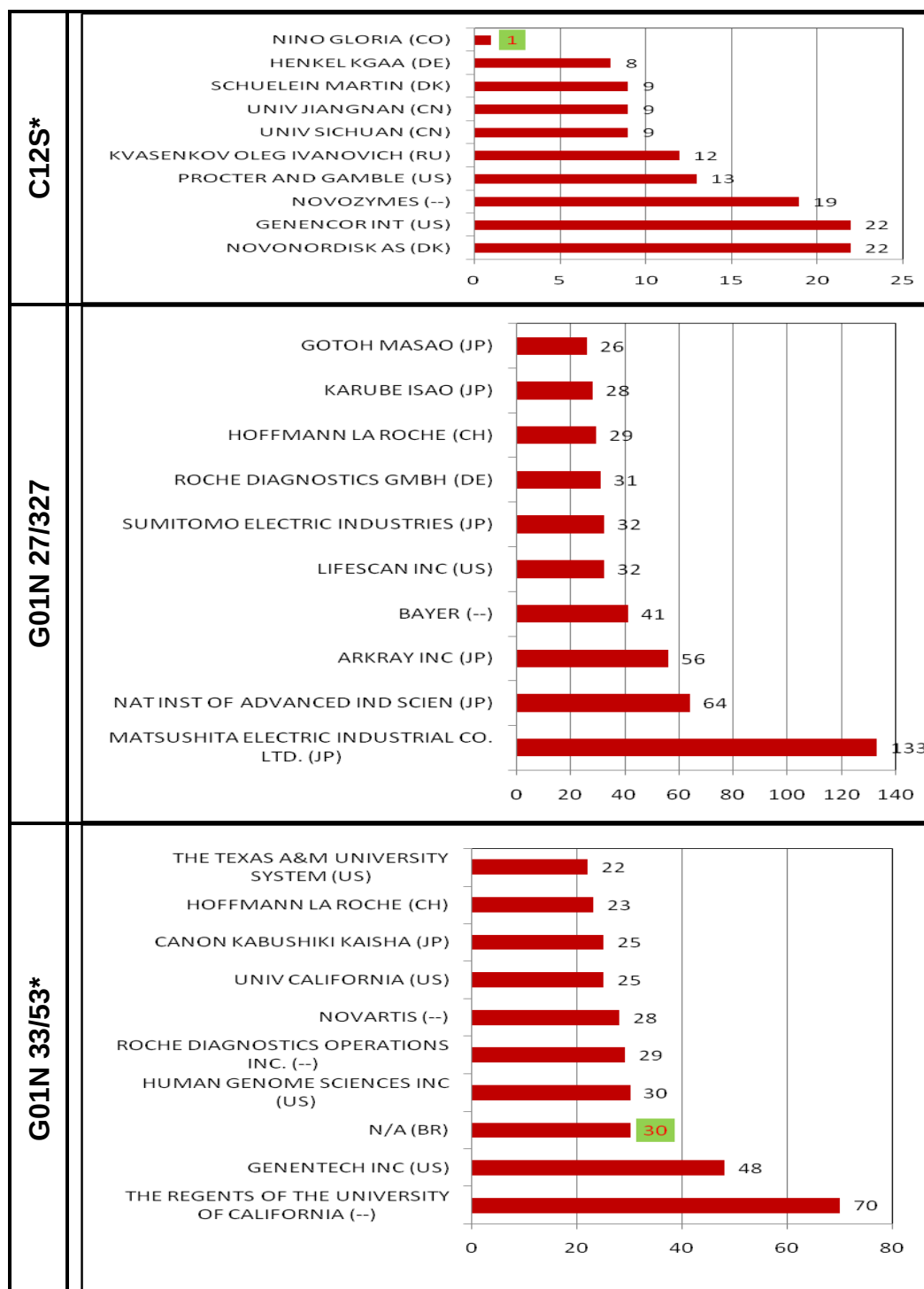


Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



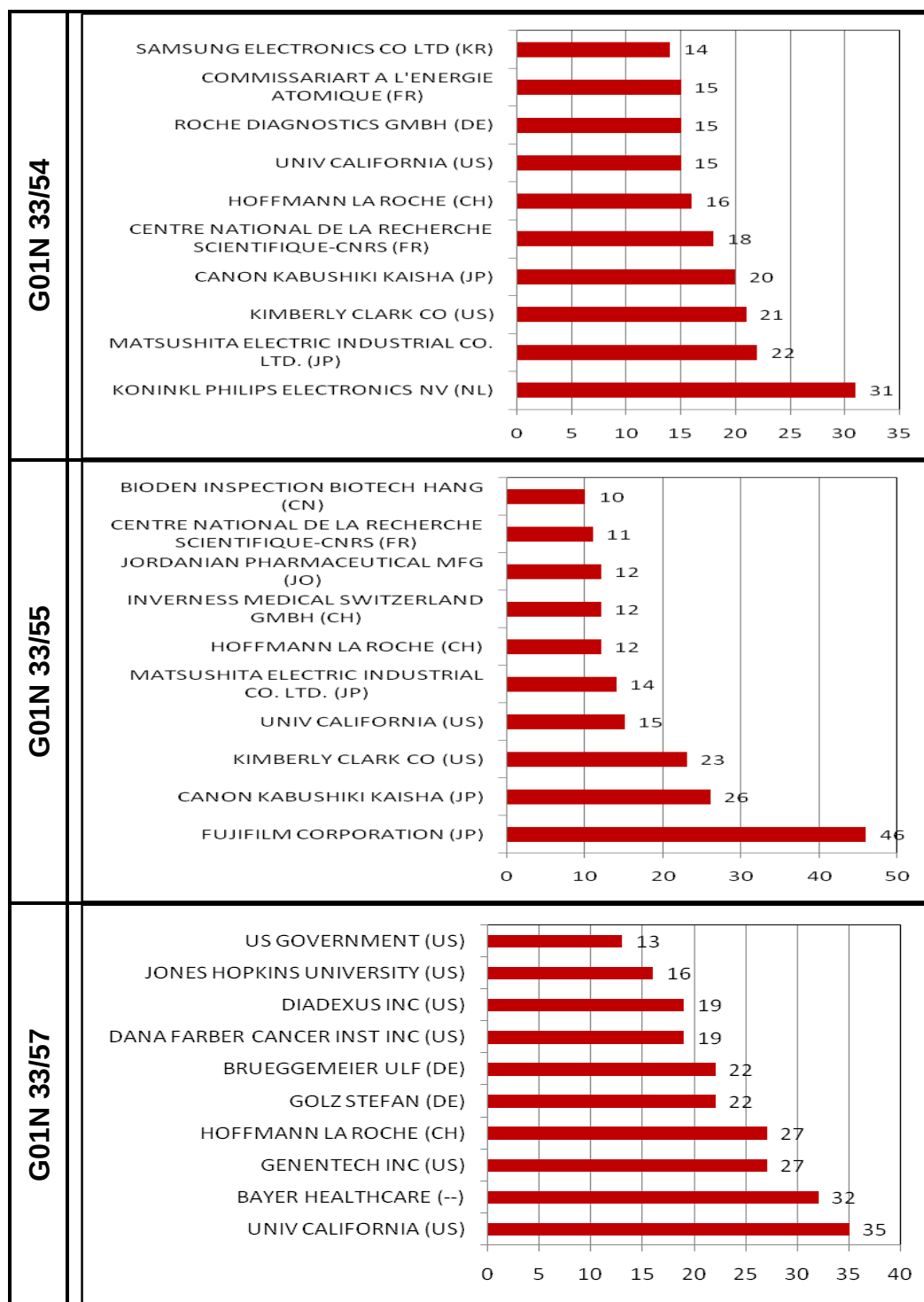
* Los números resaltados en los códigos C12N y C12Q corresponden a dos titulares de patentes colombianos y uno brasilero.

Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

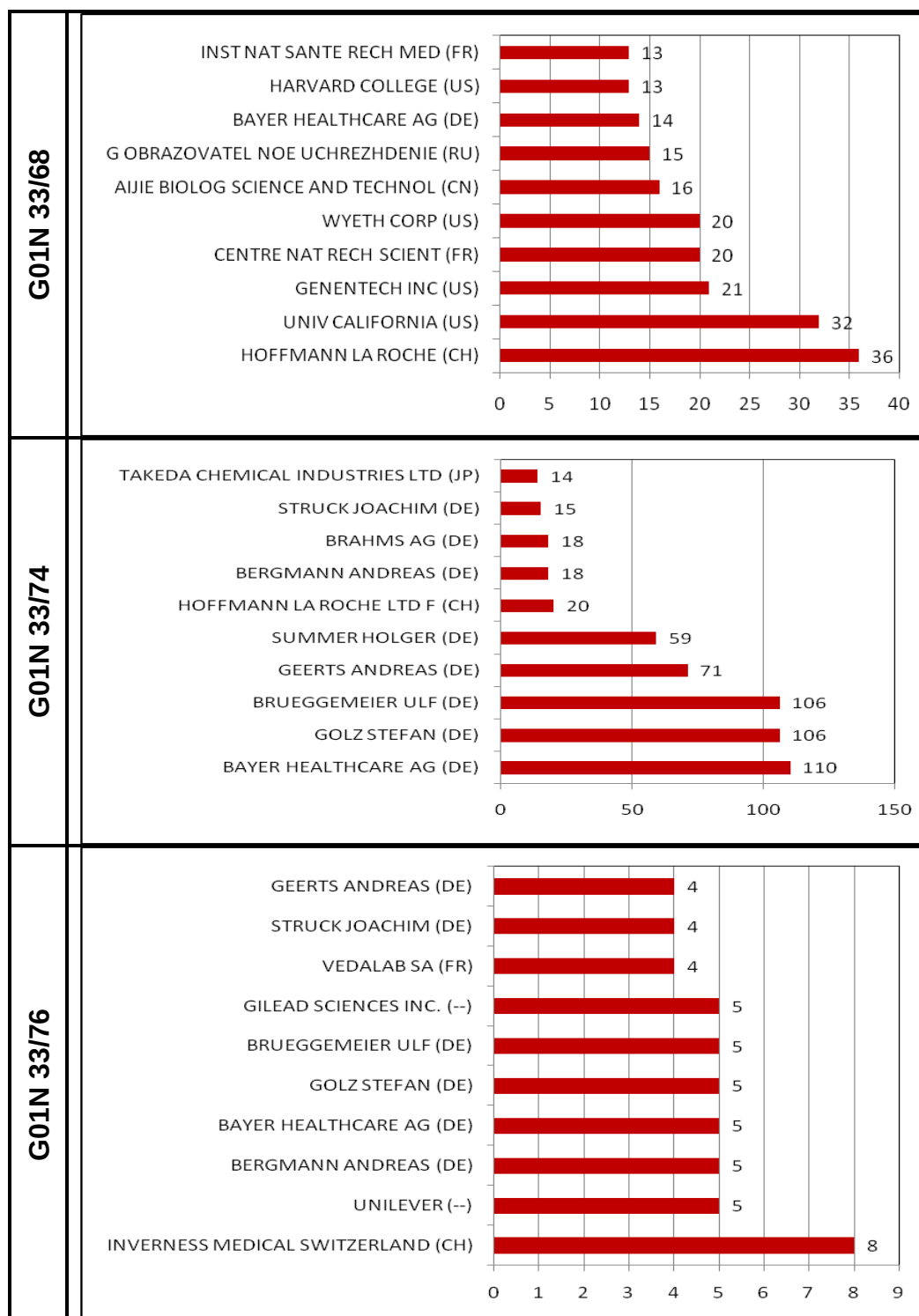


* Los números resaltados en los códigos **C12S** y **G01N 33/53** corresponde a un titular de patente colombiano y uno brasilero.

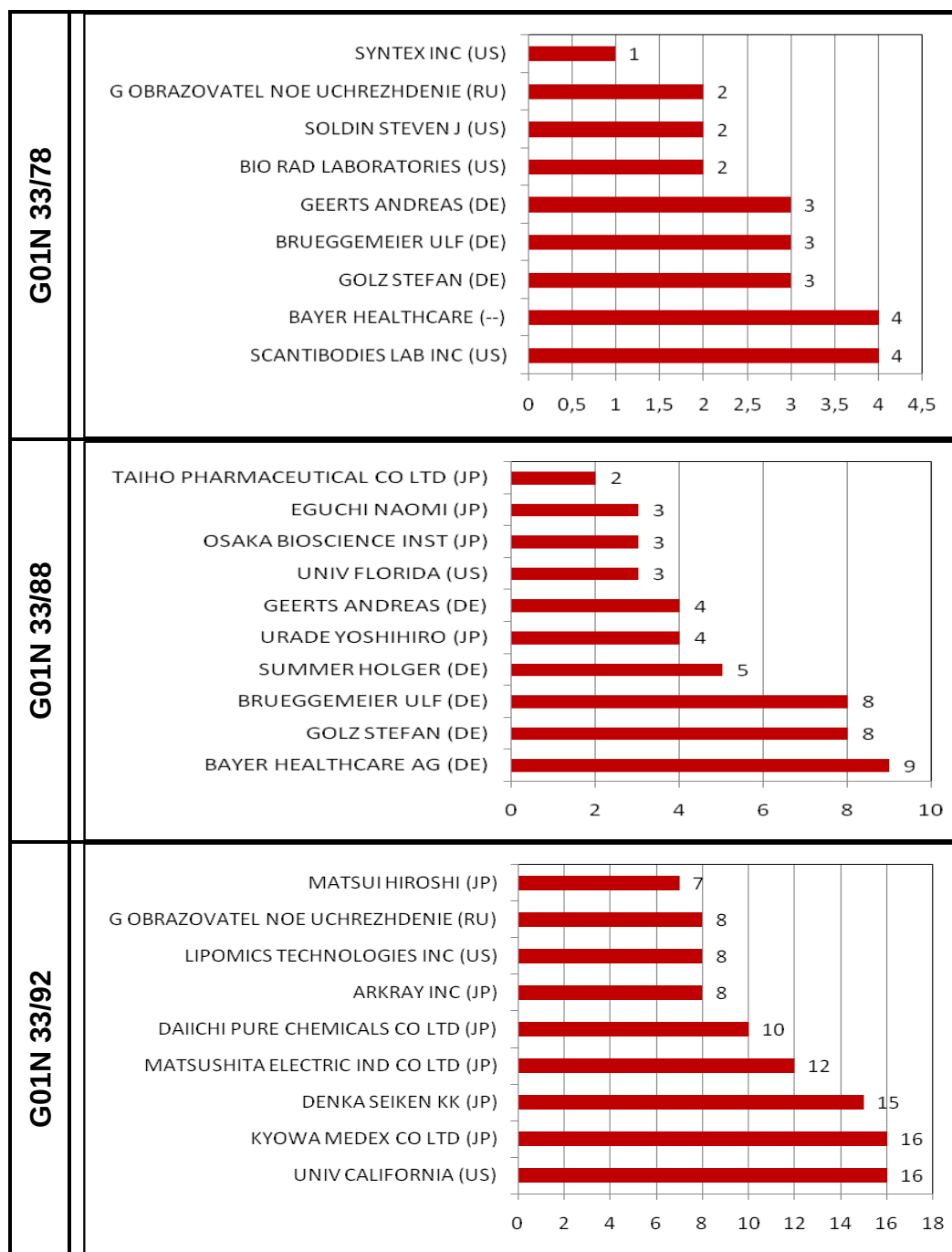
Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 118. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



Anexo 118. (Continuación)
(Página final)



Fuente: Gráficas generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 119. Estadísticas de la Universidad de California

UNIVERSITY OF CALIFORNIA							
Códigos IPC							
A61K 48/00		C07K 4/00		C12Q		G01N 33/53	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	55	1	18	1	162	1	70
Códigos IPC							
G01N 33/57		G01N 33/92		A61K 38/00		C07K 14/00	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	35	1	16	2	99	2	50
Códigos IPC							
C07K 16/00		C07K 17/00		C12M		G01N 33/68	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
2	35	2	29	2	29	2	32
Códigos IPC							
A61K 39/00		C07G 11/00		C12P		G01N 33/54	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
4	37	9	2	4	108	7	15

Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 120. Estadísticas de GENENTECH INC

GENENTECH INC							
Códigos IPC							
A61K 38/00		A61K 39/00		C07K 14/00		C07K 16/00	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	113	1	70	1	188	1	209
Códigos IPC							
C07K 17/00		C07K 19/00		C12P		C07K 4/00	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	31	1	62	1	148	2	6
Códigos IPC							
G01N 33/53		C12N		G01N 33/57		G01N 33/68	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
2	43	3	18	3	27	3	21

Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 121. Estadísticas de BAYER HEALTHCARE AG

BAYER HEALTHCARE AG							
Códigos IPC							
G01N 33/74		G01N 33/88		G01N 33/57		G01N 33/78	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	110	1	9	2	32	2	4
Códigos IPC							
G01N 27/327		G01N 33/68		G01N 33/76			
#	Familias	#	Familias	#	Familias		
4	41	8	14	4	5		

Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

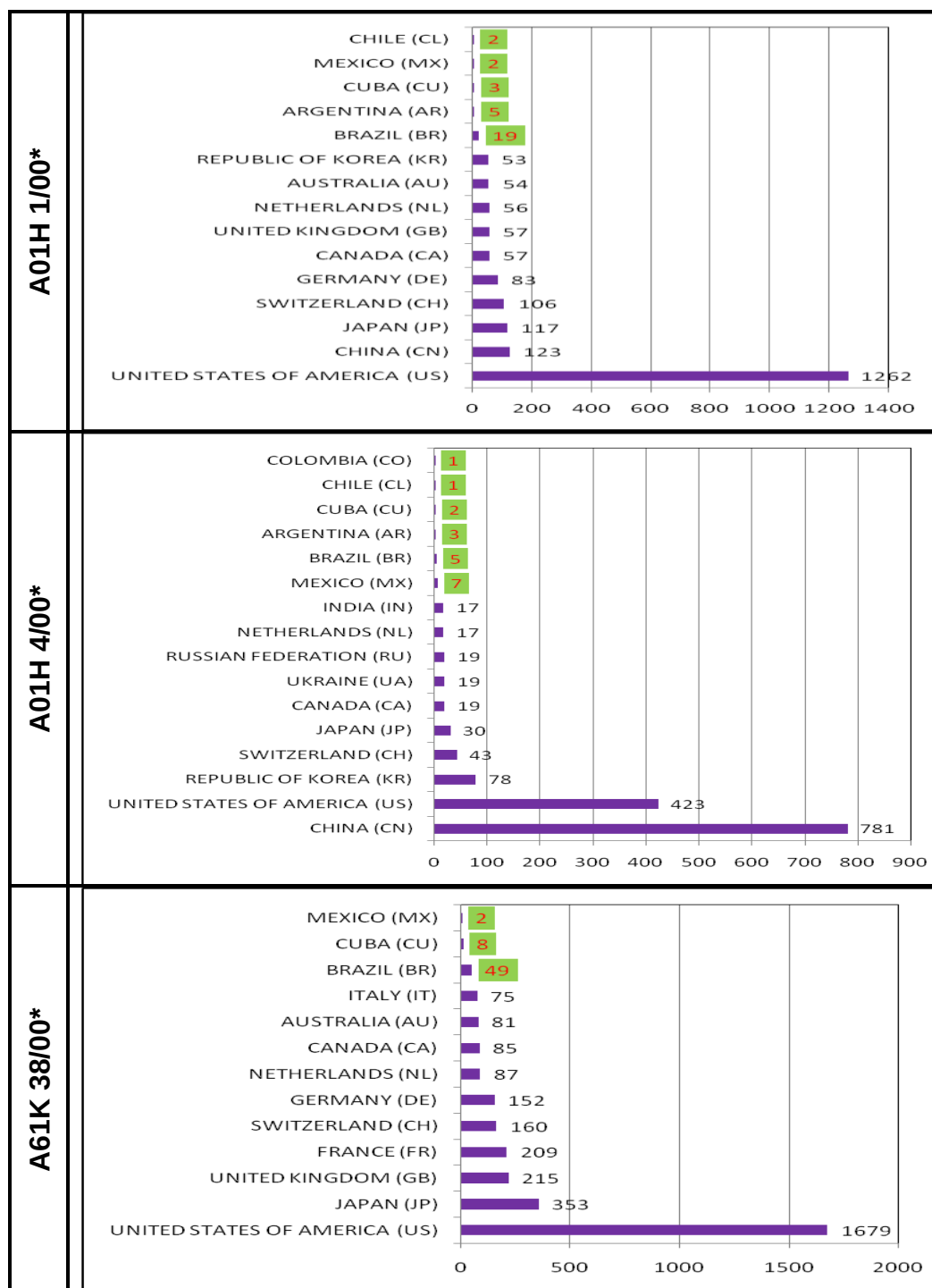
Anexo 122. Estadísticas de HOFFMANN LA ROCHE

HOFFMANN LA ROCHE							
Códigos IPC							
G01N 33/68		G01N 27/327		G01N 33/53		G01N 33/54	
#	Familias	#	Familias	#	Familias	#	Familias
1	36	8	29	9	23	6	16
Códigos IPC							
G01N 33/55		G01N 33/57		G01N 33/74			
#	Familias	#	Familias	#	Familias		
6	12	4	27	6	20		

Corresponde a la clasificación del inventor en el código según el número de familias que posee.

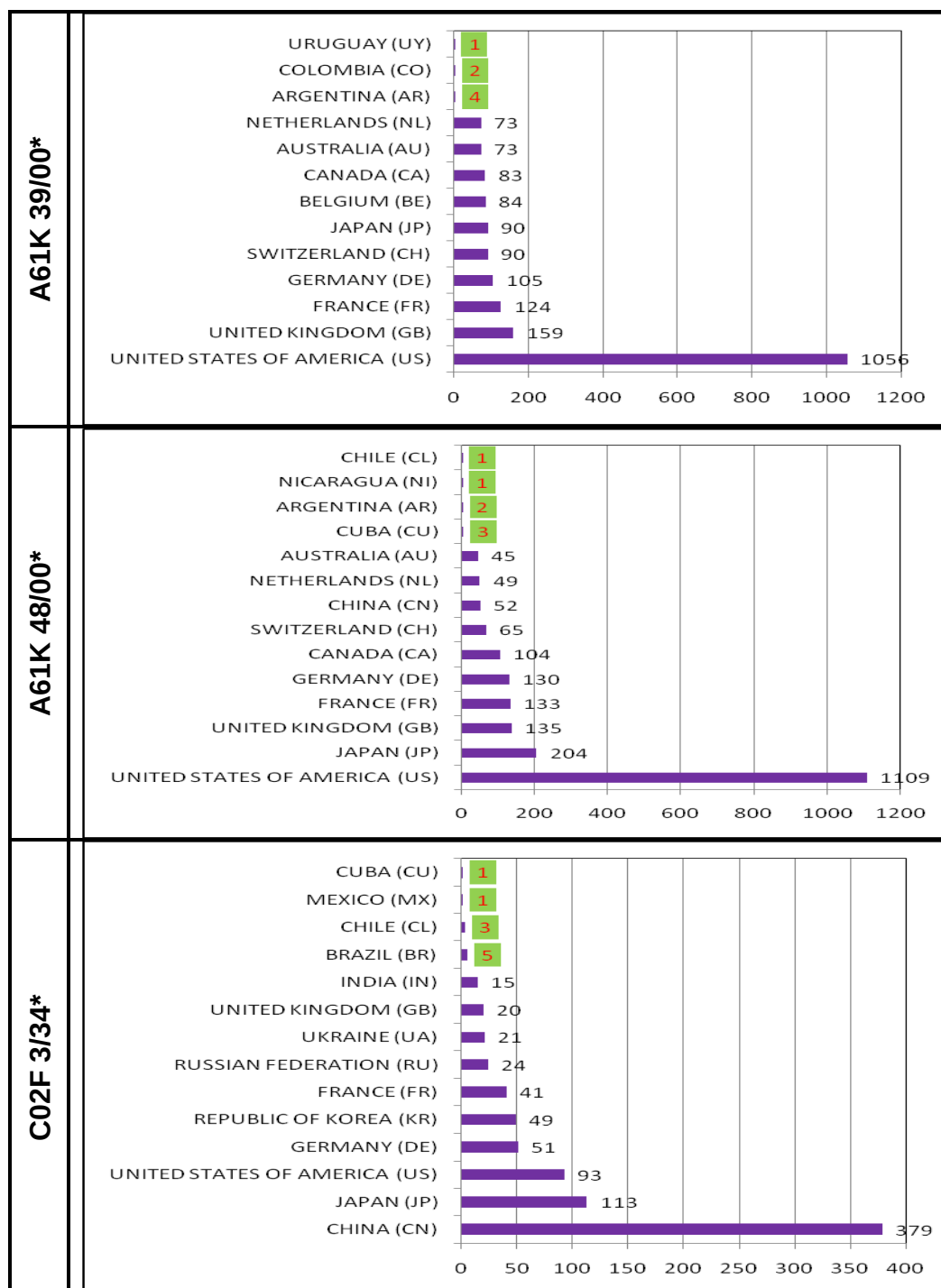
Fuente: Datos generados con los resultados de las búsquedas hechas en el *software MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 123. Países de los titulares con mayor número de familias
(Continúa en la siguiente página)



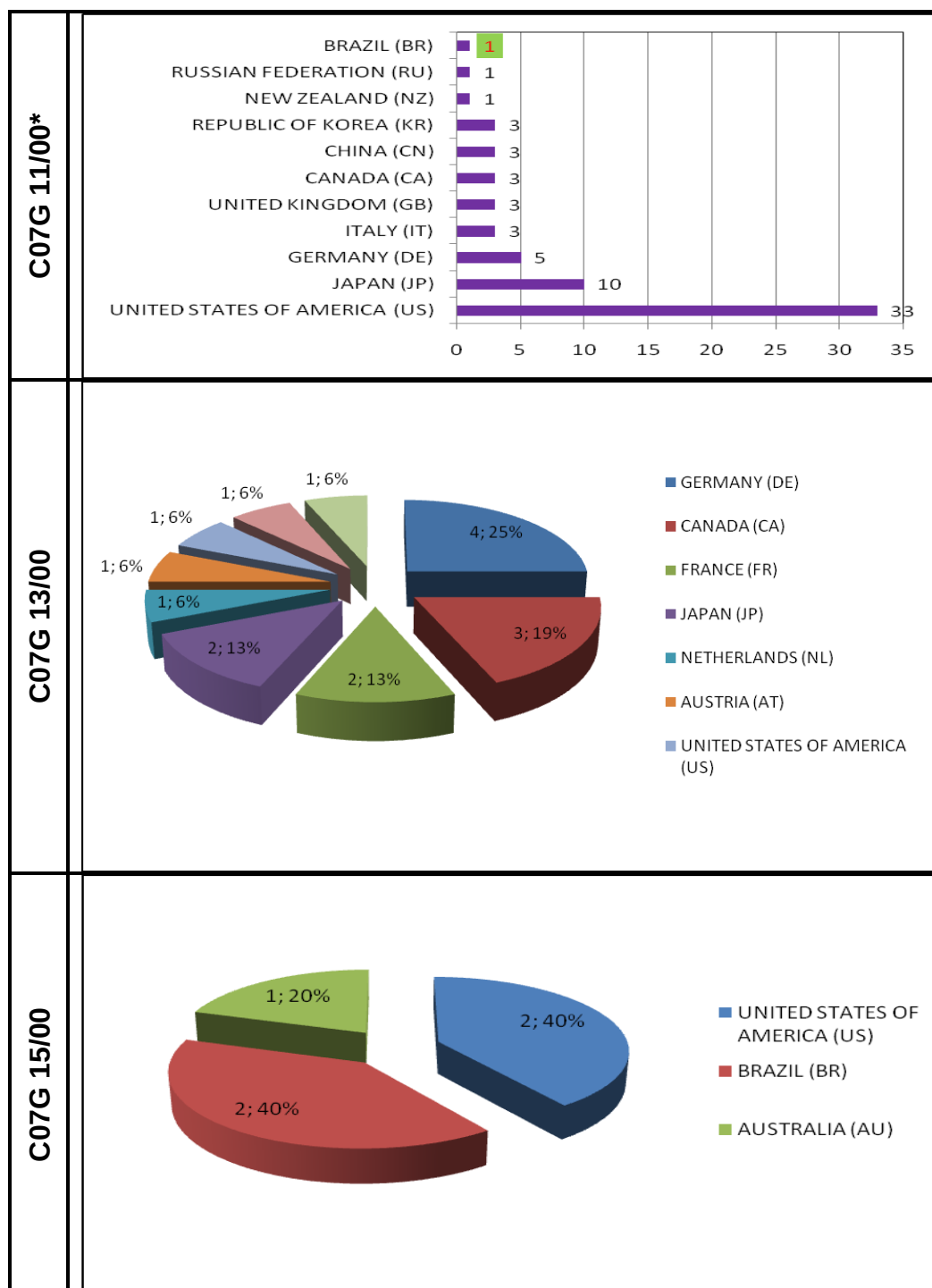
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



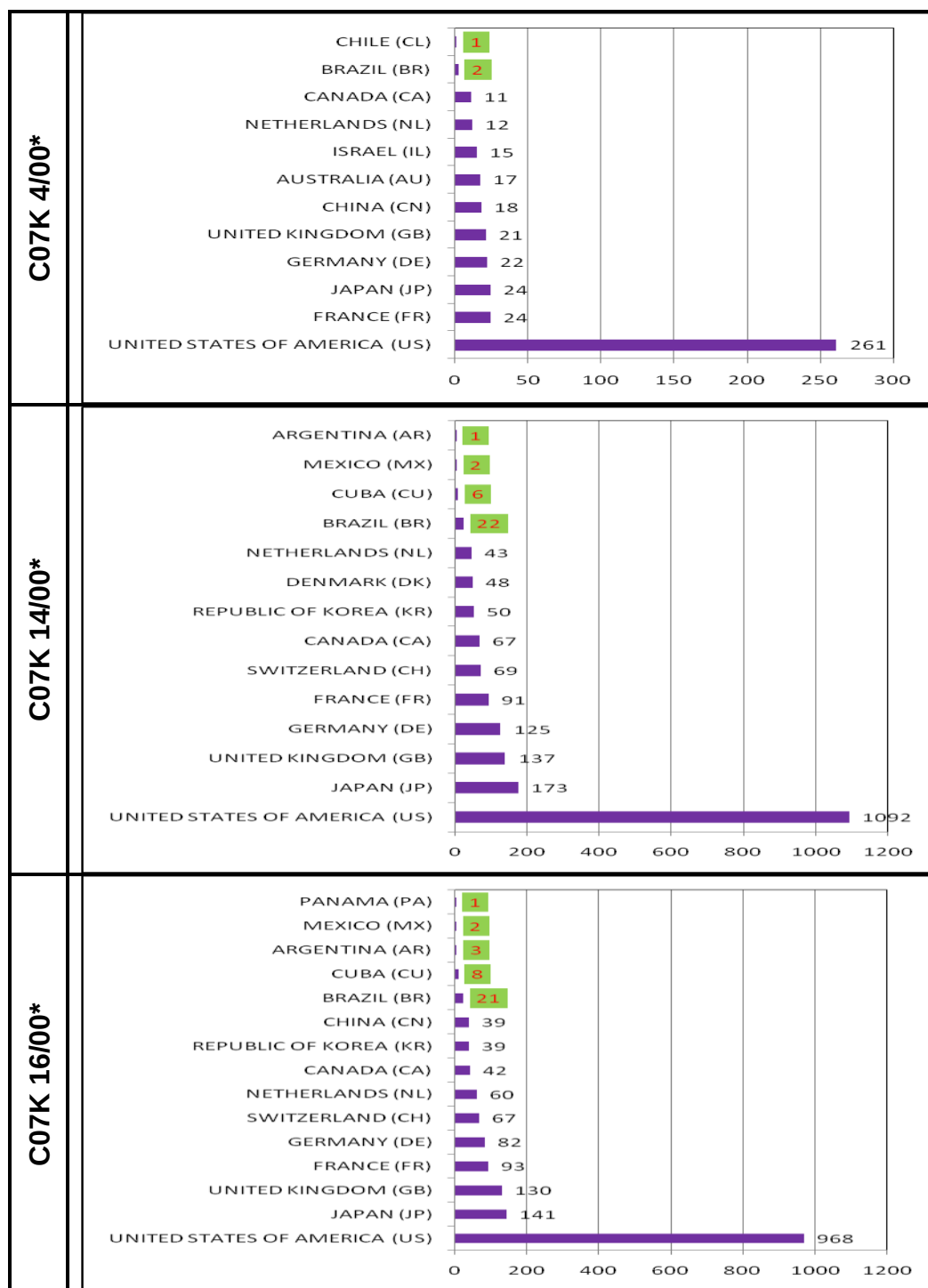
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



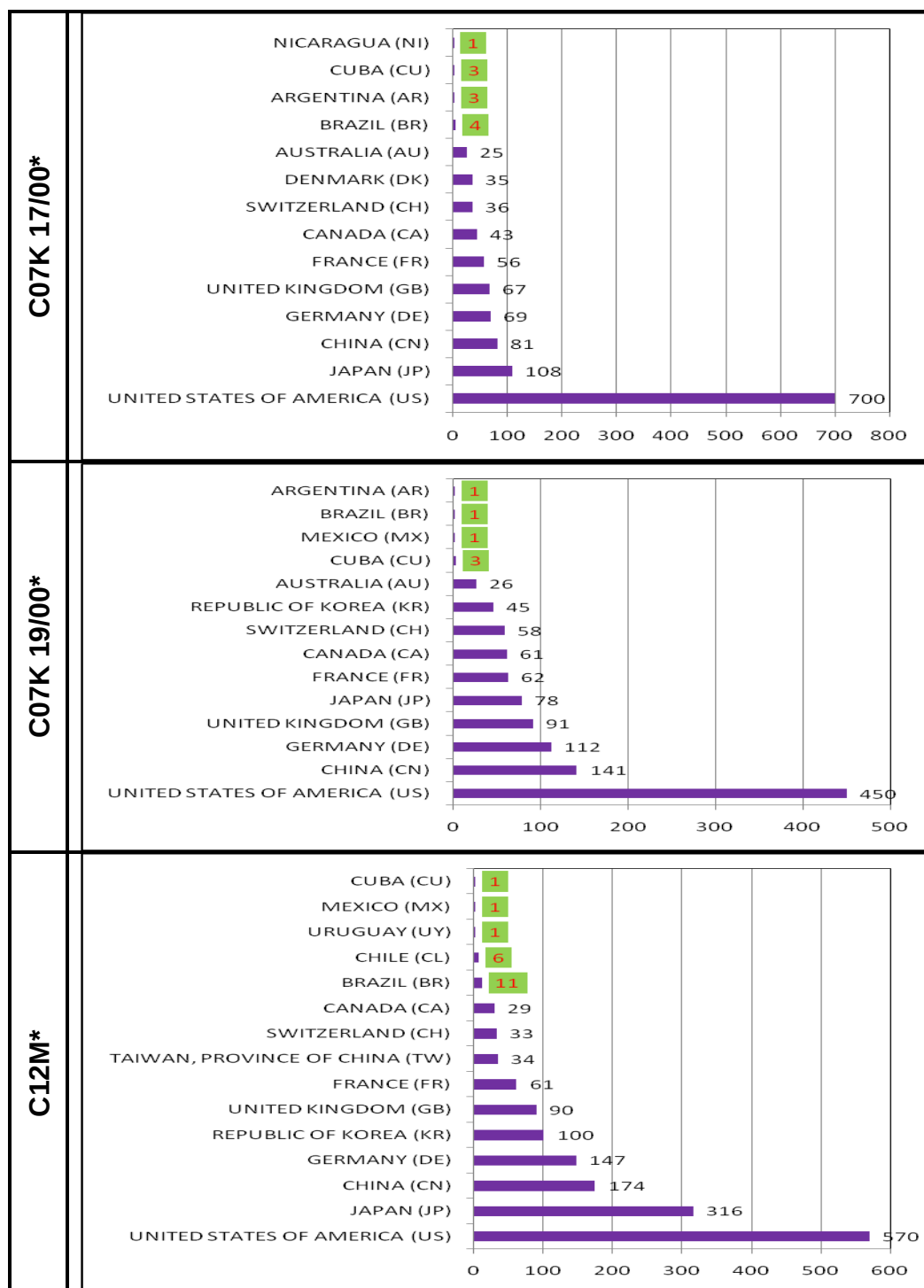
* Los números resaltados en el código **C07G 11/00** corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



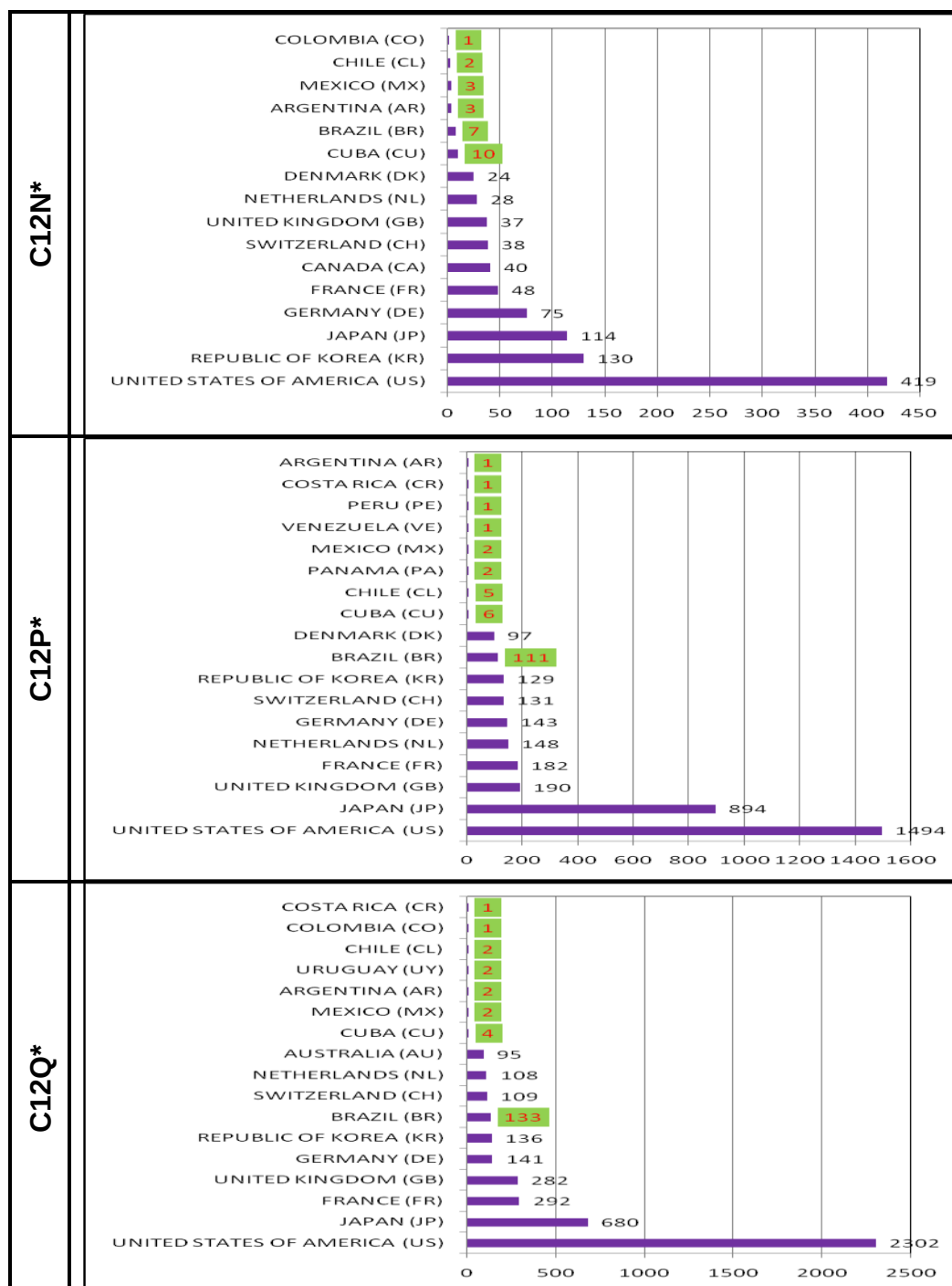
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



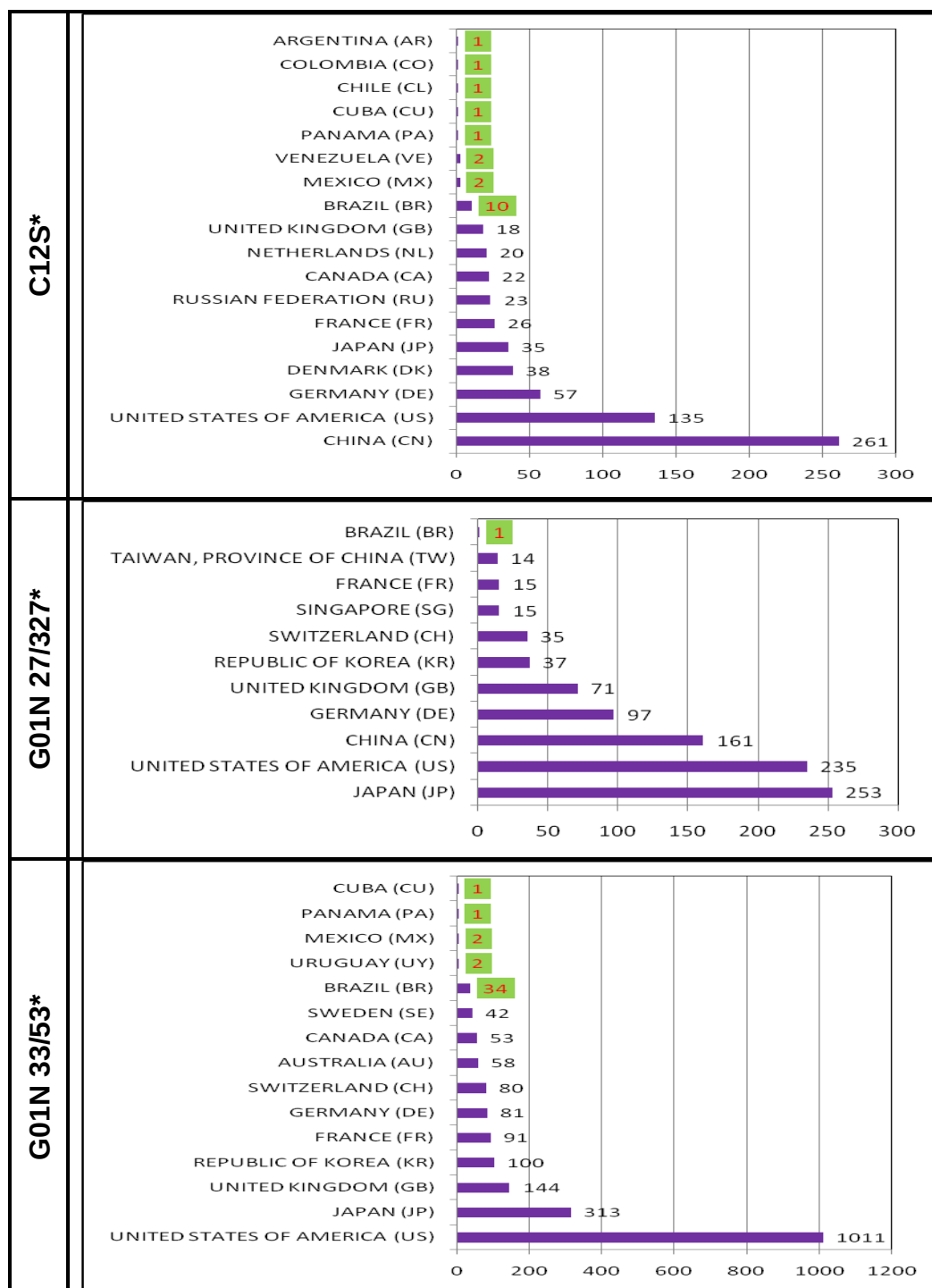
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



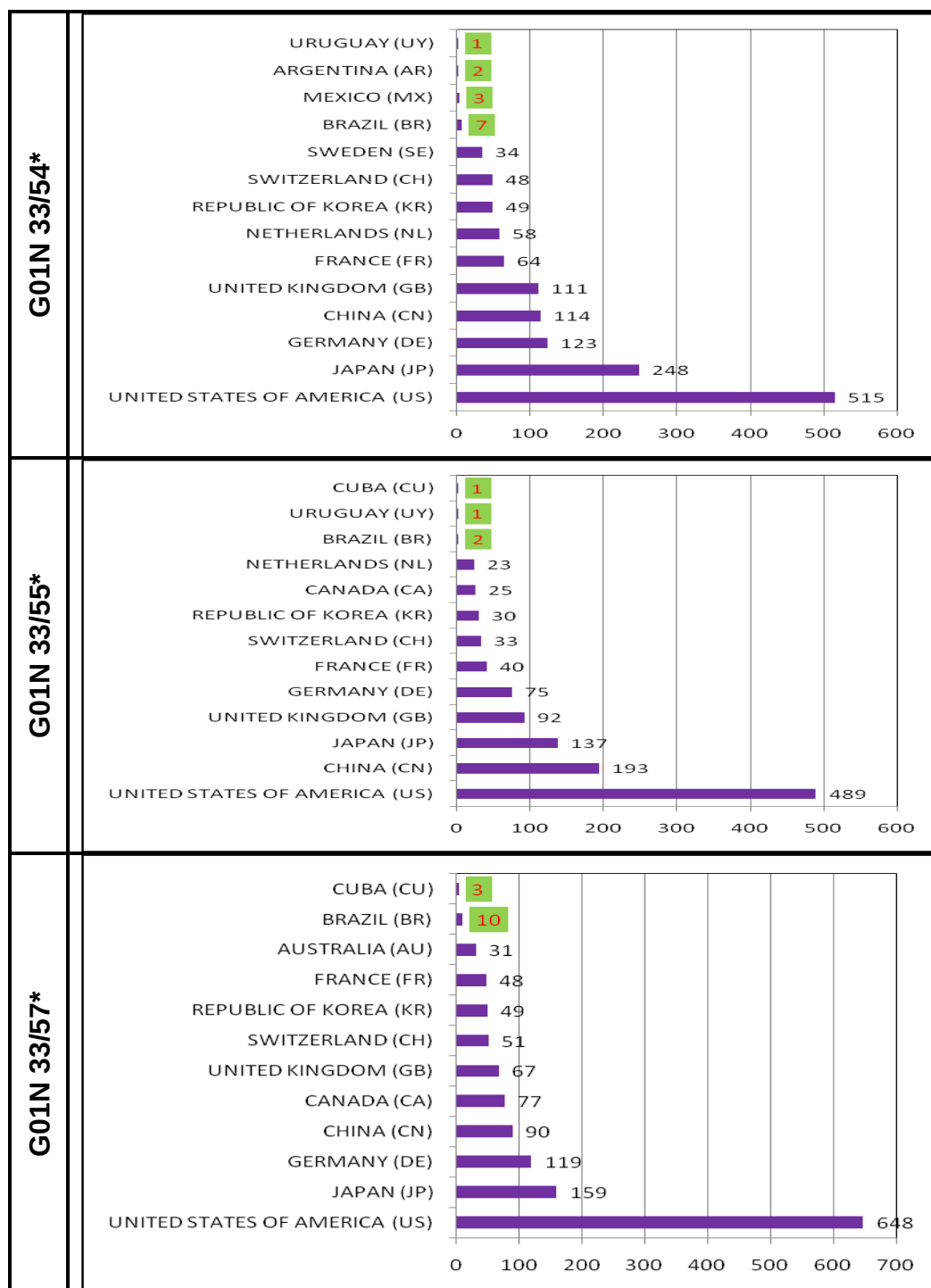
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias, con la excepción de los códigos **C12P** y **C12Q**, en los cuales Brasil si se encuentra entre los 10 primeros.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



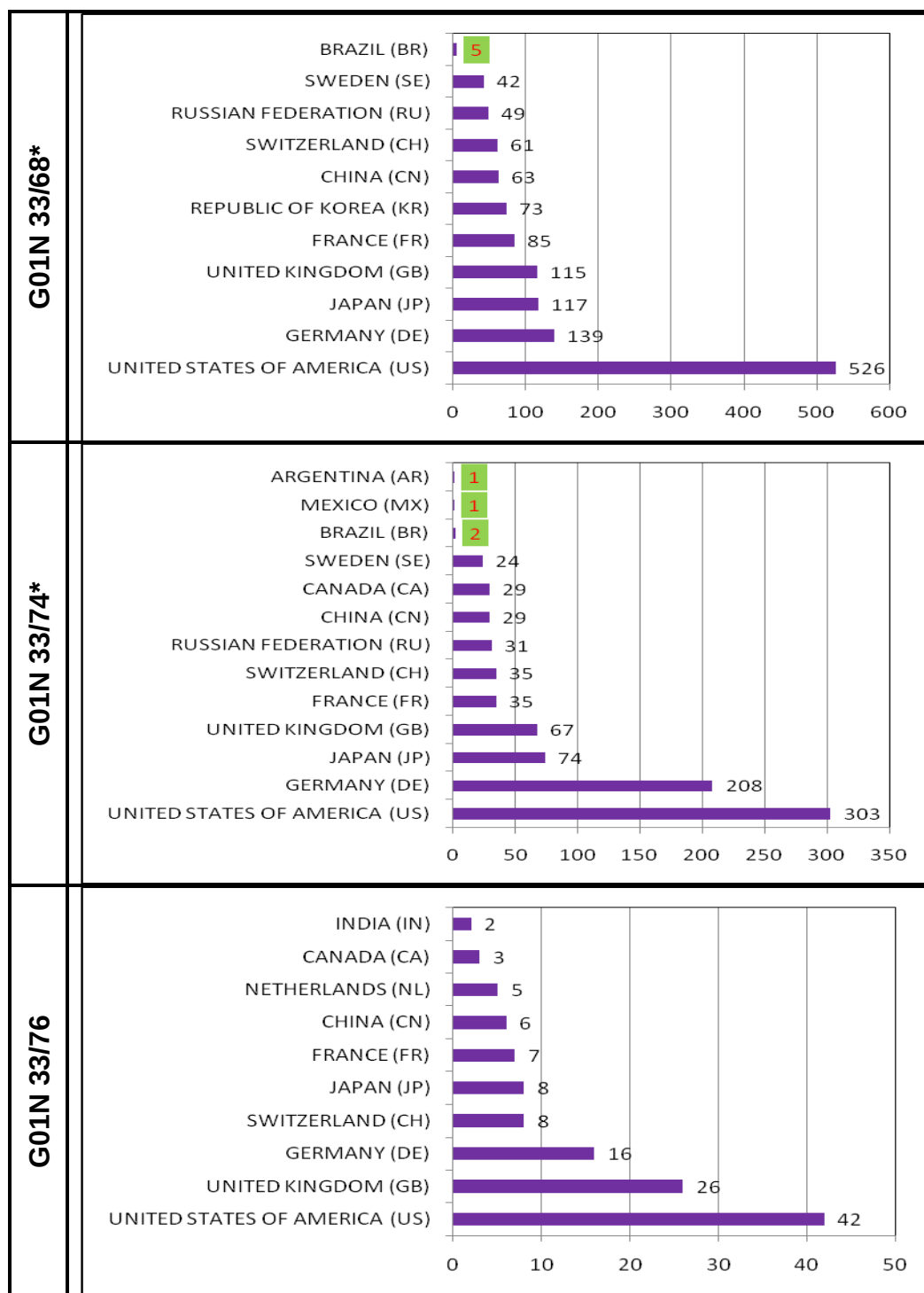
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



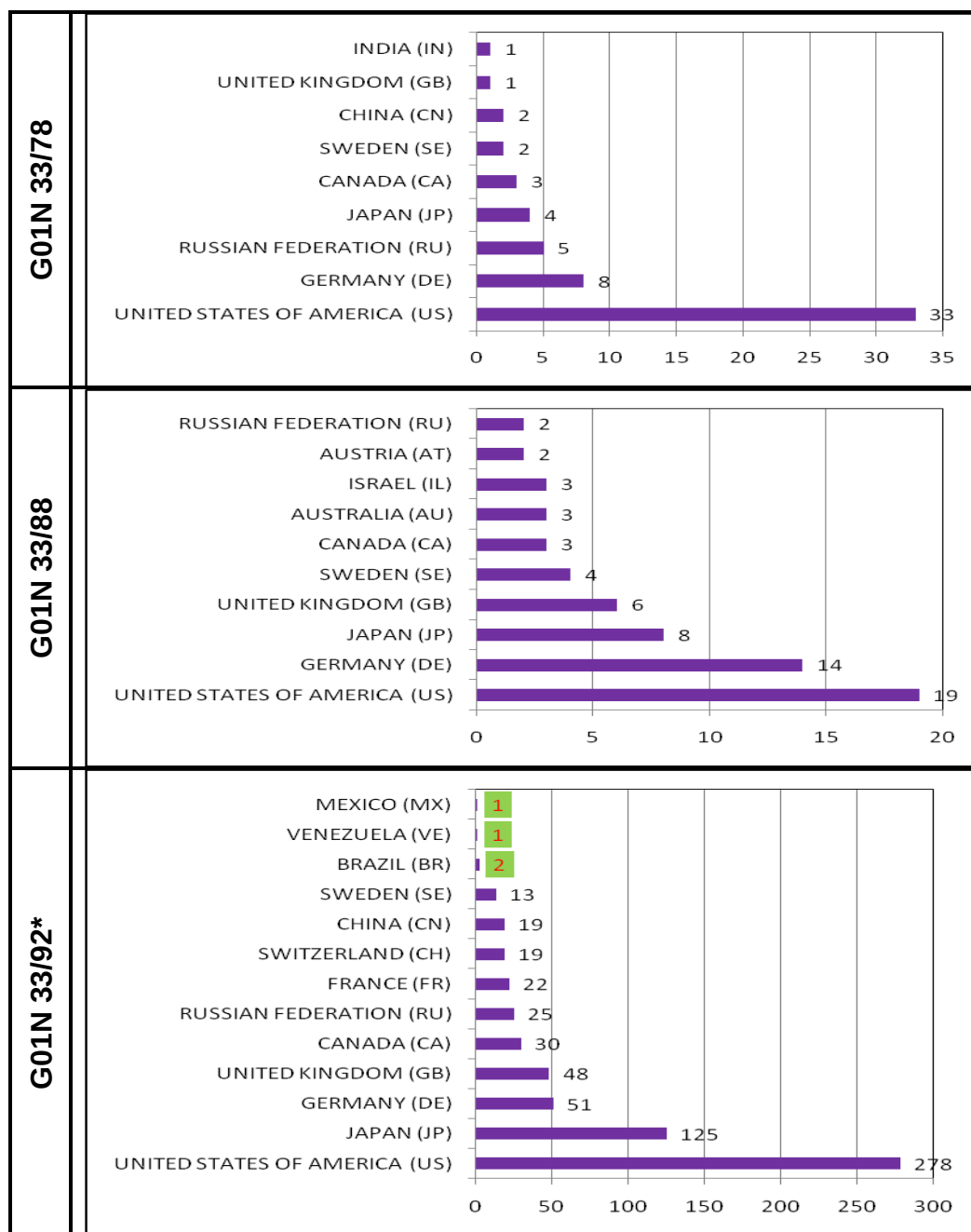
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 123. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

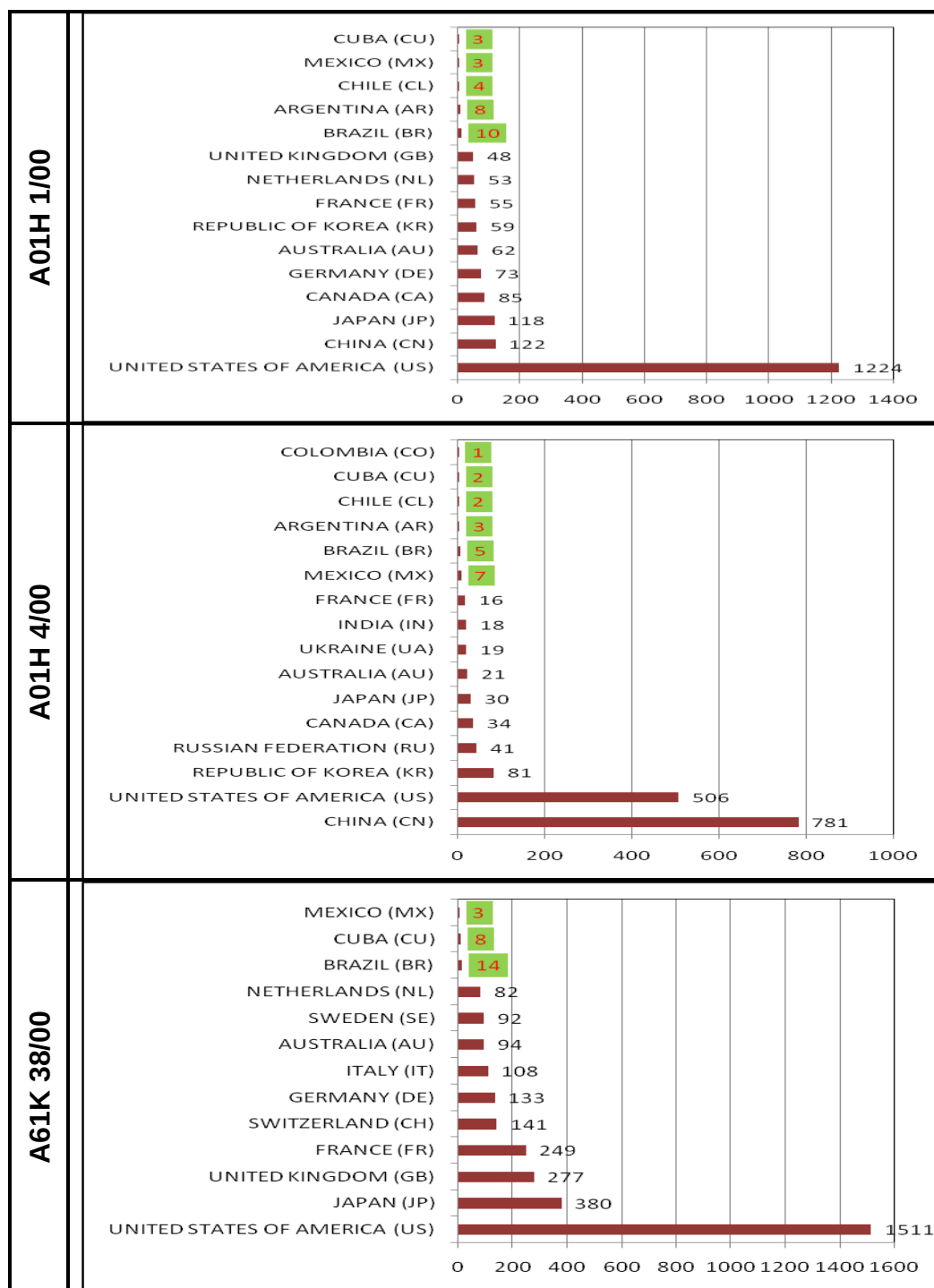
Anexo 123. (Continuación)
(Página final)



* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

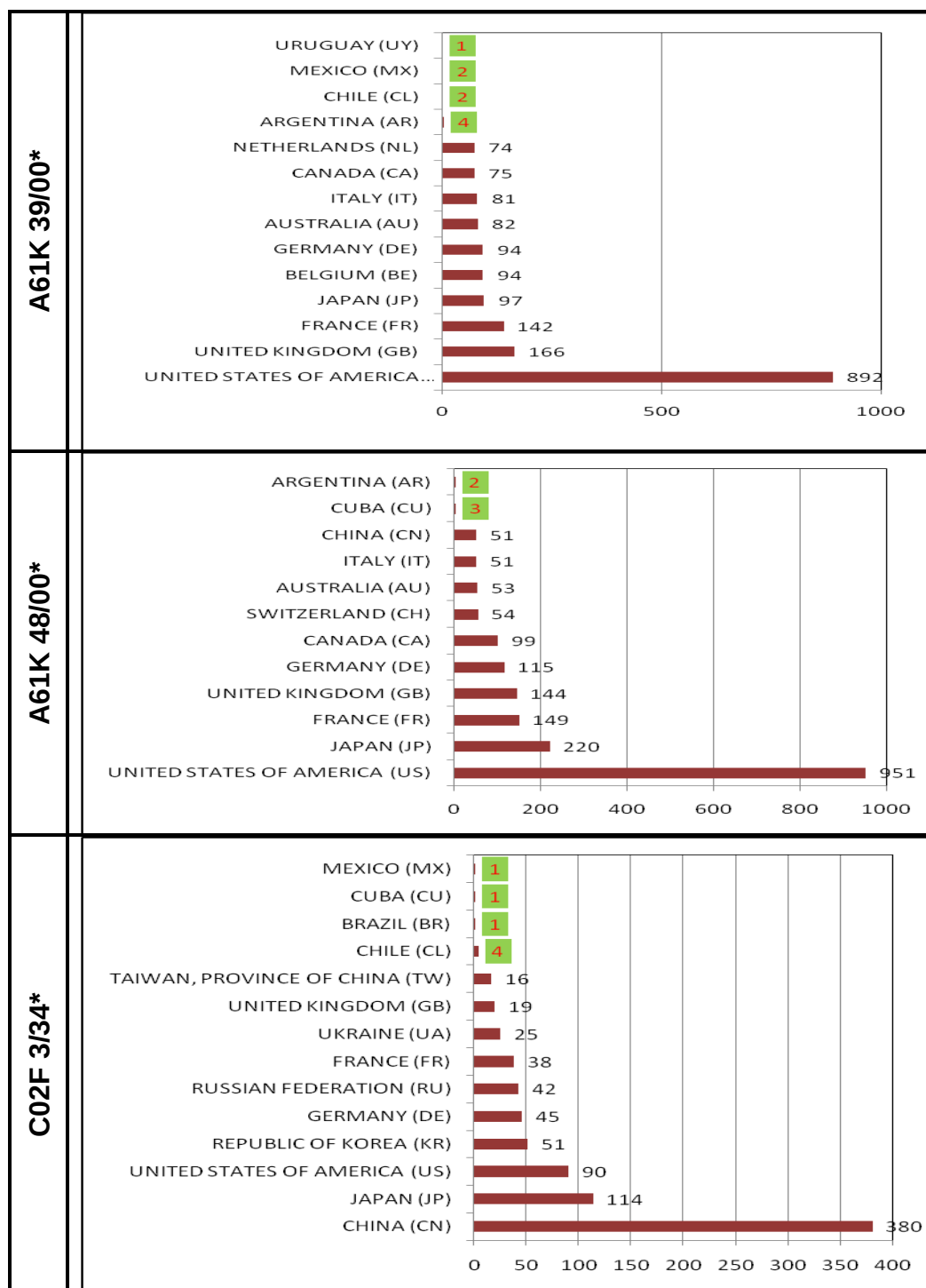
Fuente: Gráficas generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 124. Países de los Inventores con mayor número de familias
(Continúa en la siguiente página)



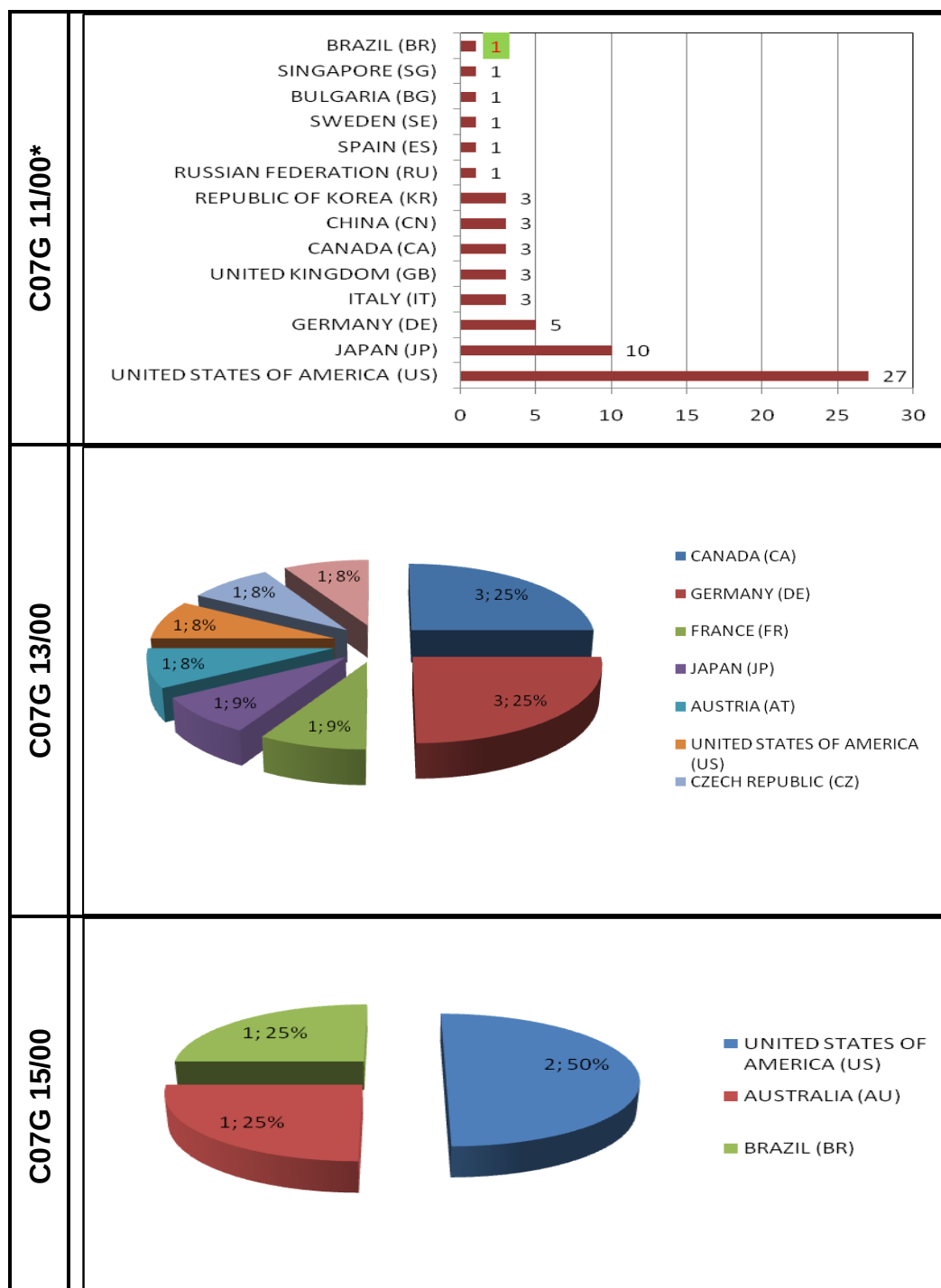
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



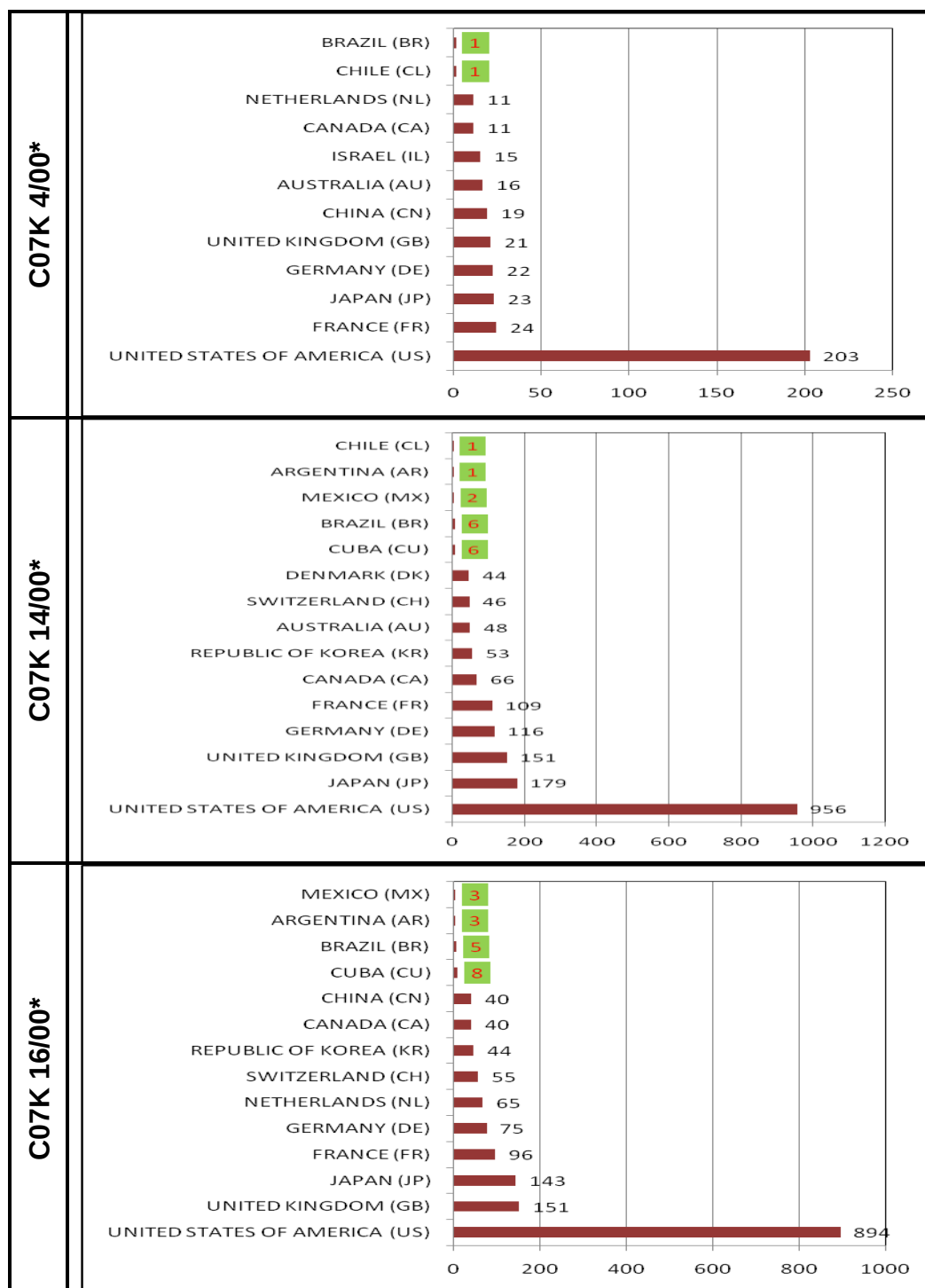
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



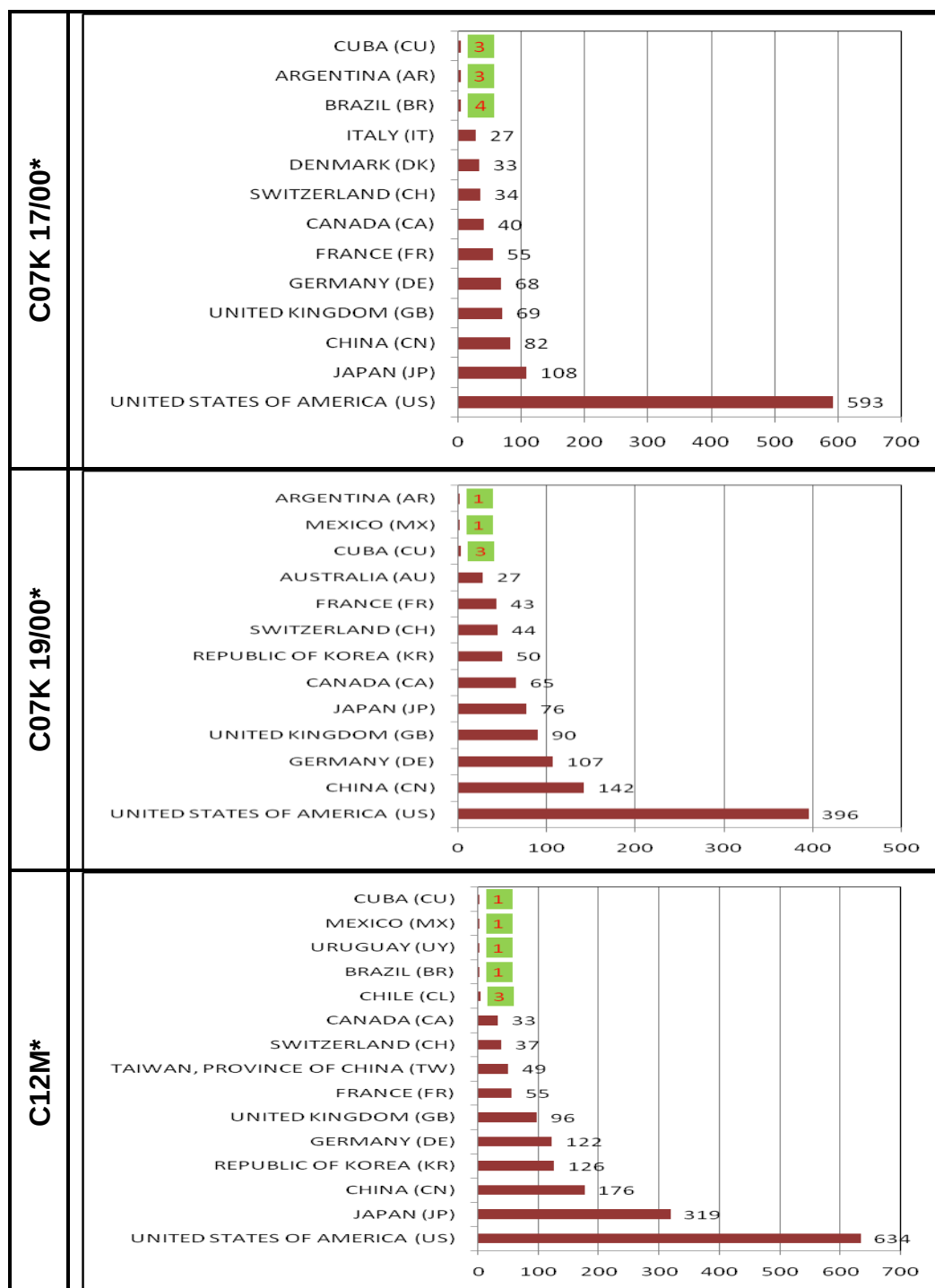
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



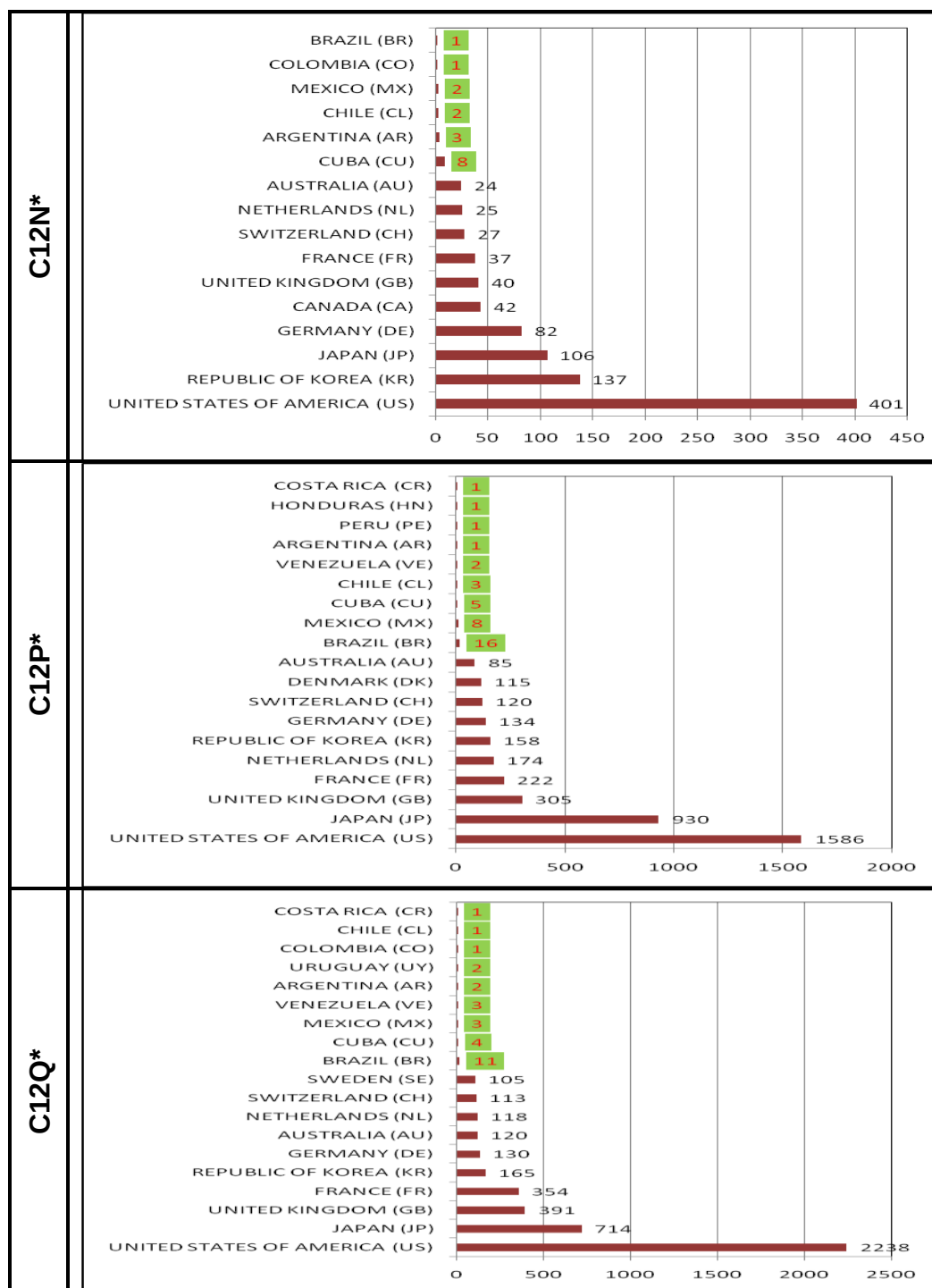
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



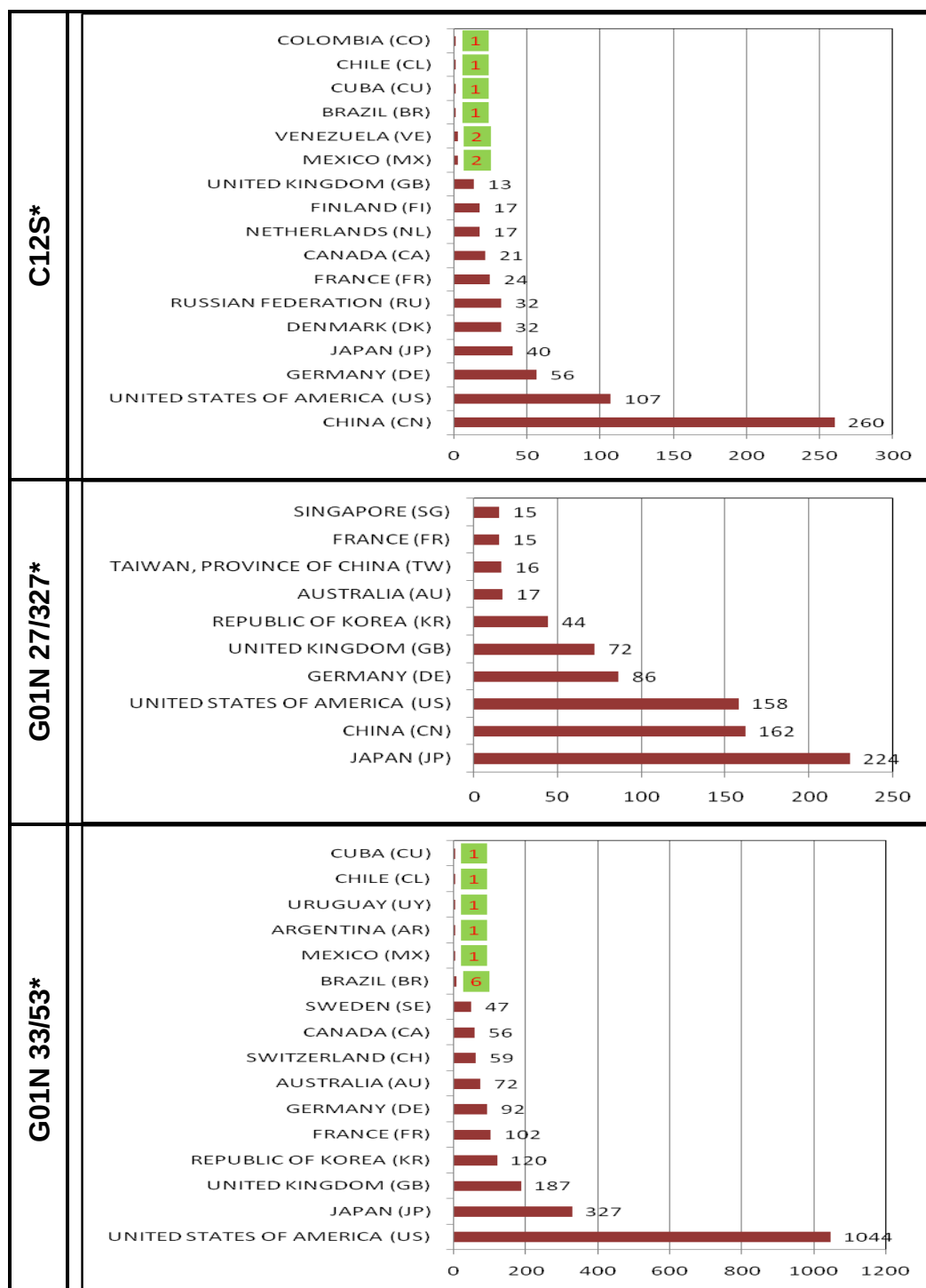
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



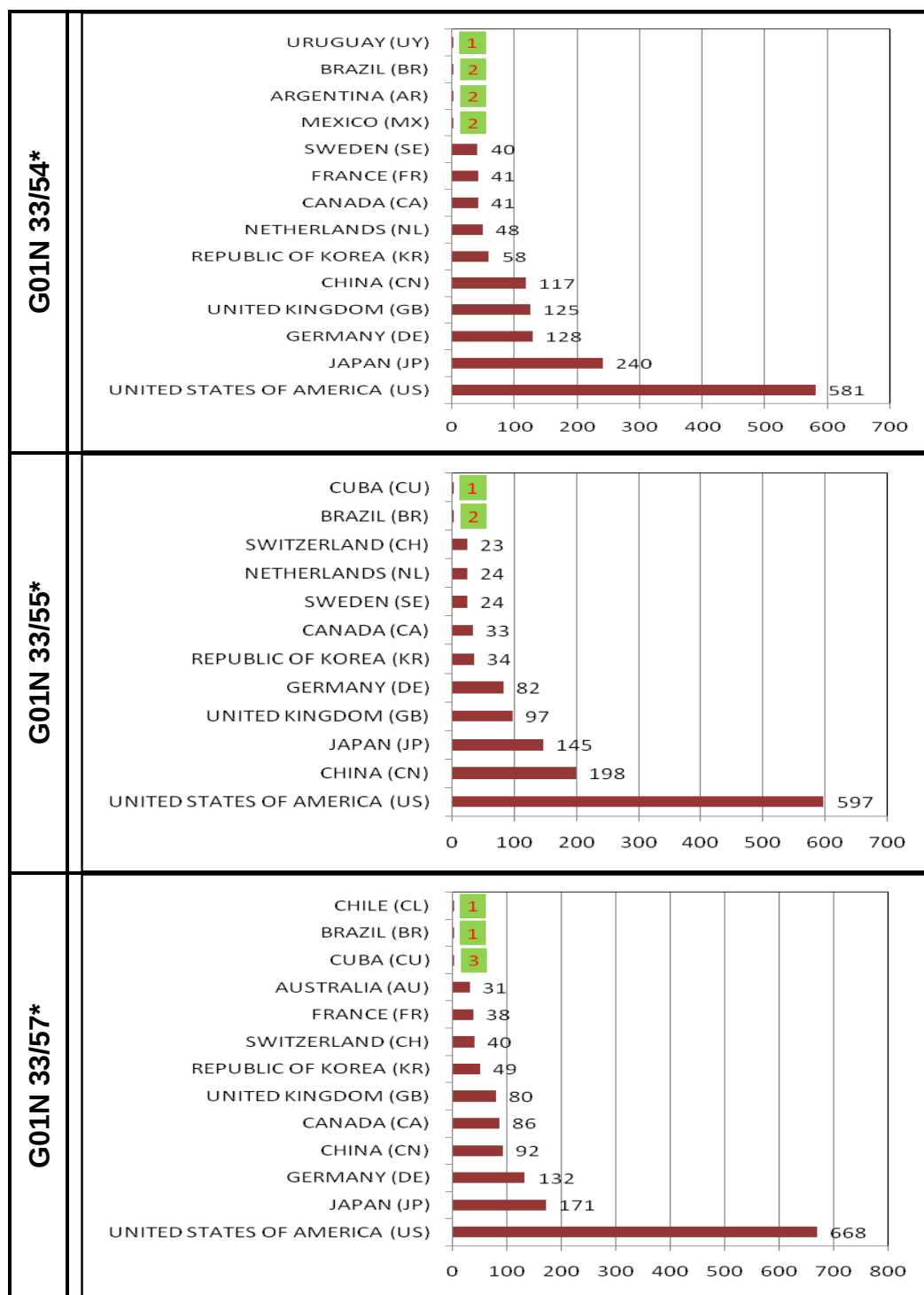
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



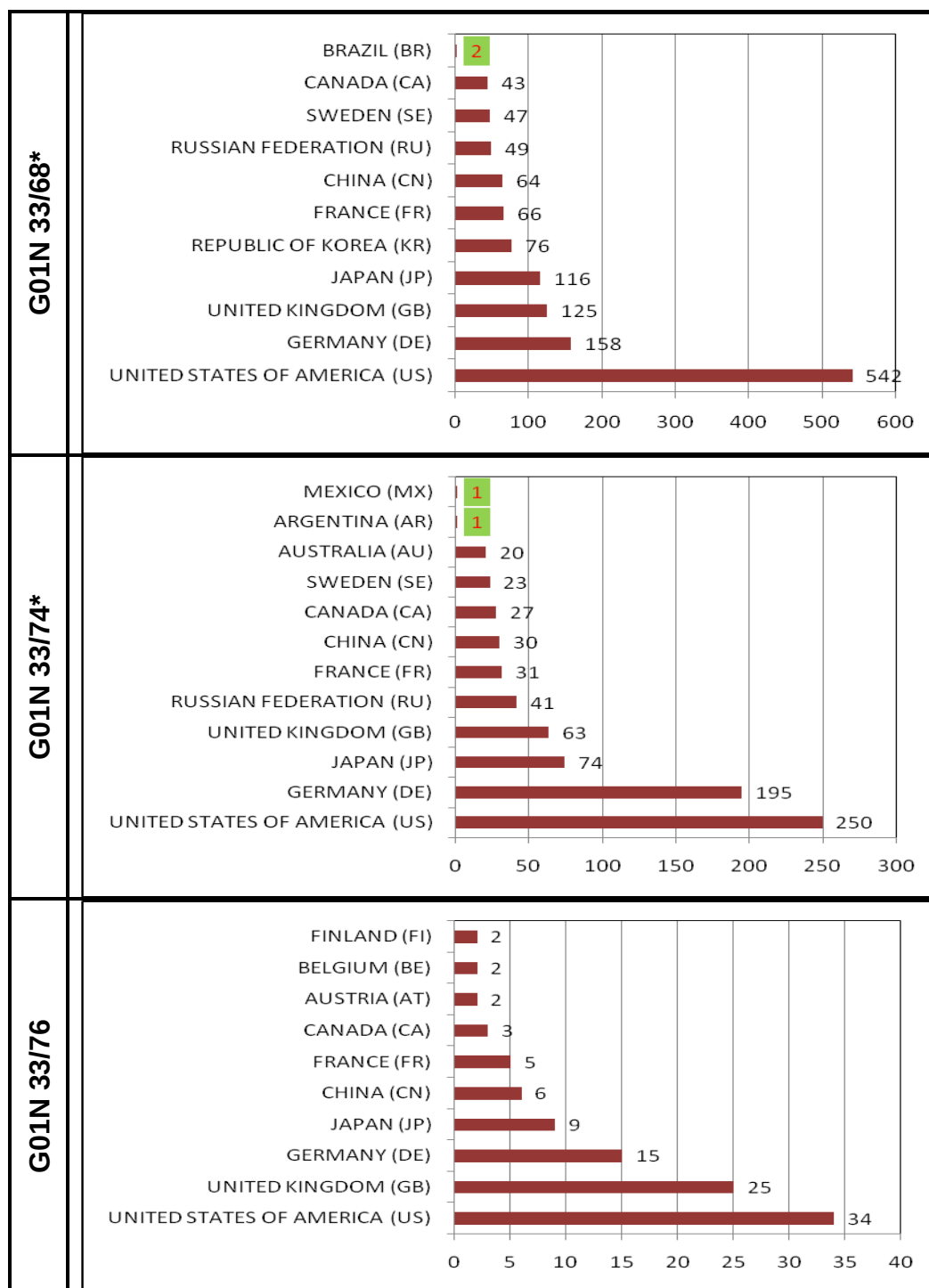
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



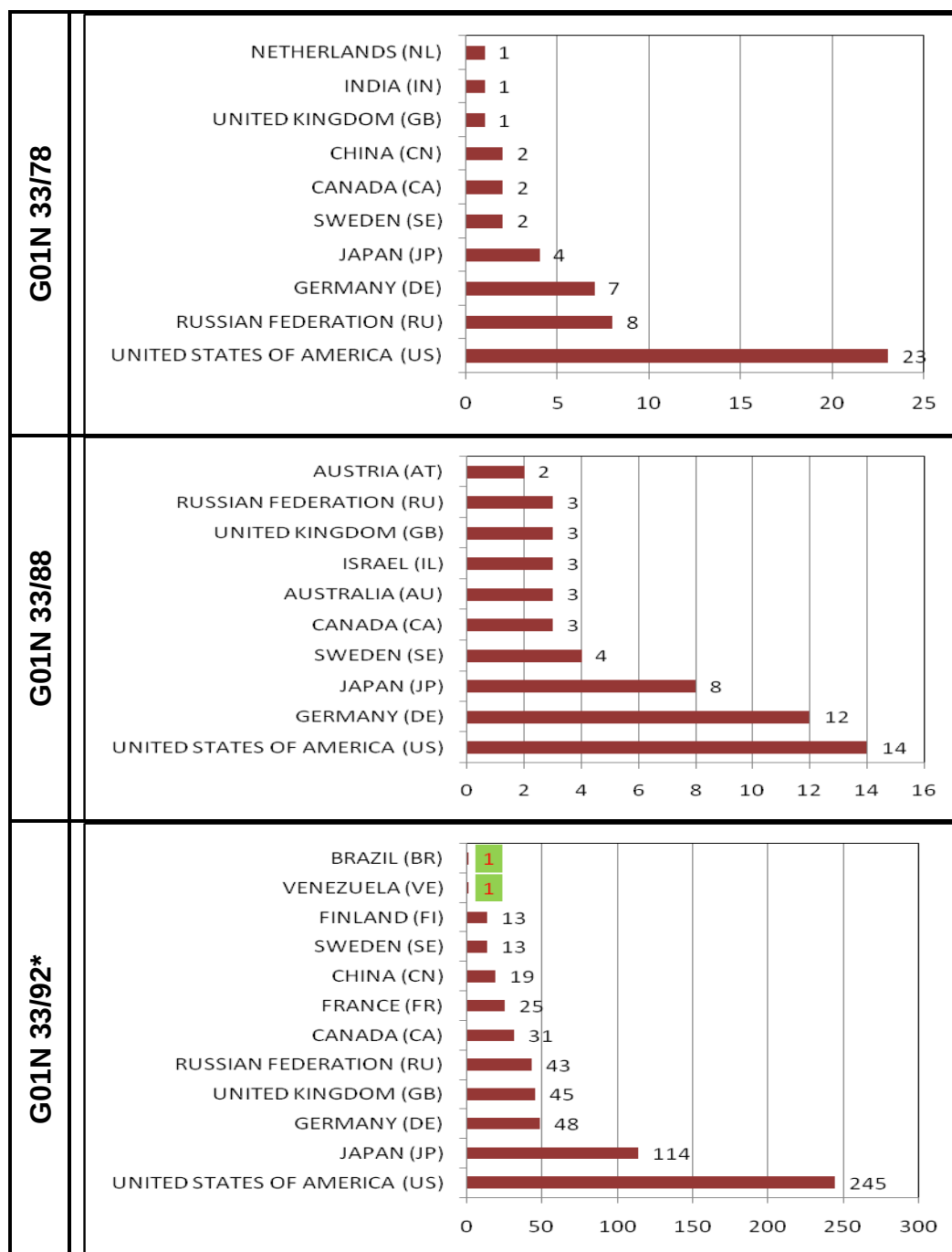
* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)



* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Anexo 124. (Continuación)
(Página final)



* Los números resaltados corresponden a países latinoamericanos que no se encuentran en el Top 10 de los países con mayor número de familias.

Fuente: Gráficas generada en *Microsoft Office Excel* con los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 125. Países líderes mundiales de los inventores
(Continúa en la siguiente página)

PAÍS* CÓDIGO	US	JP	CN	DE	GB	FR	CH	KR	CA	NL	AU	DK	BE	SE	TOTAL
A01H 1/00	1224	118	122	73	48	55	13	59	85	56	62	10	30	7	1962
A01H 4/00	506	30	781	14	8	16	2	81	34	17	21	5	4		1519
A61K 38/00	1511	380	33	133	277	249	141	51	80	87	94	73	71	92	3272
A61K 39/00	892	97	28	94	166	142	67	42	75	73	82	32	94	54	1938
A61K 48/00	951	220	51	115	144	149	54	41	99	49	53	22	39	36	2023
C02F 3/34	90	114	380	45	19	38	2	51	10	11	10	12	3	2	787
C07G 11/00	27	10	3	5	3	-	-	3	3	-	-	-	-	1	55
C07G 13/00	1	1	1	3	-	1	-	-	3	1	-	-	-	-	11
C07G 15/00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3
C07K 4/00	203	23	19	22	21	24	19	10	11	12	16	5	6	4	395
C07K 14/00	956	179	29	116	151	109	46	53	66	43	48	44	28	32	1900
C07K 16/00	894	151	40	75	151	96	55	44	40	60	25	24	32	38	1725
C07K 17/00	593	108	82	68	69	55	34	18	40	15	25	33	18	14	1172
C07K 19/00	396	76	142	107	90	43	44	50	65	25	27	14	12	22	1113
C12M	634	319	176	122	96	55	37	126	33	18	24	20	13	23	1696
C12N	401	106	8	82	40	37	27	137	42	28	24	19	19	16	986
C12P	1586	930	51	134	305	222	120	158	67	148	85	115	72	82	4075
C12Q	2238	714	56	130	391	354	113	165	84	108	120	86	100	105	4764

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. US=Estados Unidos, JP=Japón, CN=China, DE=Alemania, GB=Reino Unido, FR=Francia, CH=Suiza, KR=República de Korea, CA=Canadá, NL=Holanda, AU=Australia, DK=Dinamarca, BE=Bélgica, SE=Suecia.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 125. (Continuación)
(Página final)

PAÍS* CÓDIGO	US	JP	CN	DE	GB	FR	CH	KR	CA	NL	AU	DK	BE	SE	TOTAL
C12S	107	40	260	56	13	24	4	6	21	20	9	32	8	4	604
G01N 27/327	158	224	162	86	72	15	5	44	11	3	17	4	1	7	809
G01N 33/53	1044	327	14	92	187	102	59	120	56	32	72	25	39	47	2216
G01N 33/54	581	240	117	128	125	41	29	58	41	58	19	18	13	40	1508
G01N 33/55	597	145	198	198	97	21	23	34	33	23	22	12	15	24	1442
G01N 33/57	688	171	92	132	80	38	40	49	86	17	31	17	16	14	1471
G01N 33/68	542	116	34	158	125	66	42	76	43	34	40	24	32	47	1379
G01N 33/74	250	74	30	195	63	31	10	6	27	18	20	15	14	23	776
G01N 33/76	34	9	6	15	25	5	-	1	3	5	-	1	2	1	107
G01N 33/78	23	4	2	7	1	-	1	-	2	1	1	-	1	2	45
G01N 33/88	14	8	1	12	3	1	-	-	3	1	-	-	-	4	47
G01N 33/92	245	114	19	48	45	25	12	2	31	11	10	3	8	13	586
TOTAL **	17388	5048	2937	2465	2815	2014	999	1485	1194	974	958	665	690	754	39632

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. US=Estados Unidos, JP=Japón, CN=China, DE=Alemania, GB=Reino Unido, FR=Francia, CH=Suiza, KR=República de Korea, CA=Canadá, NL=Holanda, AU=Australia, DK=Dinamarca, BE=Bélgica, SE=Suecia.

** Este TOTAL corresponde a la suma de las filas que se observan en esta página, más las filas de la página anterior.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 126. Países líderes mundiales de los titulares
(Continúa en la siguiente página)

PAÍS* CÓDIGO	US	JP	CN	DE	GB	FR	CH	KR	CA	NL	AU	DK	BE	SE	TOTAL
A01H 1/00	1262	117	123	83	57	49	106	53	57	53	54	10	37	6	2067
A01H 4/00	423	30	781	16	8	13	43	78	19	13	13	5	3		1445
A61K 38/00	1679	353	28	152	215	209	160	49	85	82	81	63	58	68	3282
A61K 39/00	1056	90	26	105	159	124	90	31	83	74	73	36	84	47	2078
A61K 48/00	1109	204	52	130	165	133	65	41	104	36	45	27	41	35	2187
C02F 3/34	93	113	379	51	20	41	2	49	11	11	9	13	4	2	798
C07G 11/00	33	10	3	5	3	-	-	3	3	-	-	-	-	1	61
C07G 13/00	1	2	1	4	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	13
C07G 15/00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3
C07K 4/00	261	24	18	22	21	24	18	10	11	11	17	6	7	4	454
C07K 14/00	1092	173	27	125	137	91	69	50	67	39	42	48	30	31	2021
C07K 16/00	968	141	39	82	130	93	67	39	42	65	25	26	38	38	1793
C07K 17/00	700	108	81	69	67	56	36	18	43	13	25	35	22	14	1287
C07K 19/00	450	78	141	112	91	62	58	45	61	18	26	17	11	24	1194
C12M	570	316	174	147	90	61	33	100	29	18	20	20	7	18	1603
C12N	419	114	4	75	37	75	38	130	40	25	22	24	19	14	1036
C12P	1494	894	38	143	190	182	131	129	61	174	61	97	51	57	3702
C12Q	2302	680	36	141	282	292	109	136	91	118	95	75	91	82	4530

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. US=Estados Unidos, JP=Japón, CN=China, DE=Alemania, GB=Reino Unido, FR=Francia, CH=Suiza, KR=República de Korea, CA=Canadá, NL=Holanda, AU=Australia, DK=Dinamarca, BE=Bélgica, SE=Suecia.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 126. (Continuación)
(Página final)

PAÍS* CÓDIGO	US	JP	CN	DE	GB	FR	CH	KR	CA	NL	AU	DK	BE	SE	TOTAL
C12S	135	35	261	57	18	26	6	5	22	17	9	38	6	4	639
G01N 27/327	235	253	161	97	71	15	35	37	11	1	11	4	1	7	939
G01N 33/53	1011	313	14	81	144	91	80	100	53	33	58	31	37	42	2088
G01N 33/54	515	248	114	123	111	64	48	49	33	48	18	14	13	34	1432
G01N 33/55	489	137	193	193	92	40	33	30	25	24	19	13	15	19	1322
G01N 33/57	648	159	90	119	67	48	51	49	77	18	31	15	15	14	1401
G01N 33/68	526	117	63	139	115	85	61	73	39	33	39	21	33	42	1386
G01N 33/74	303	74	29	208	67	35	35	5	29	11	20	17	17	24	874
G01N 33/76	42	8	6	16	26	7	8	1	3	-	-	1	2	1	121
G01N 33/78	33	4	2	8	1	-	1	-	3	1	1	-	1	2	57
G01N 33/88	19	8	1	14	6	-	-	-	3	-	-	-	-	4	55
G01N 33/92	278	125	19	51	48	22	19	1	30	11	10	3	10	13	640
TOTAL **	18148	4928	2904	2568	2438	1940	1402	1311	1138	947	825	659	653	647	39861

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. US=Estados Unidos, JP=Japón, CN=China, DE=Alemania, GB=Reino Unido, FR=Francia, CH=Suiza, KR=República de Korea, CA=Canadá, NL=Holanda, AU=Australia, DK=Dinamarca, BE=Bélgica, SE=Suecia.

** Este TOTAL corresponde a la suma de las filas que se observan en esta página, más las filas de la página anterior.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 127. País de los inventores latinoamericanos
(Continúa en la siguiente página)

PAÍS* CÓDIGO	BR	CU	MX	AR	CL	UY	CO	VE	PA	CR	HN	PE	NI	TOTAL
A01H 1/00	10	3	3	8	4	-	-	-	-	-	-	-	-	28
A01H 4/00	5	2	7	3	2	-	1	-	-	-	-	-	-	20
A61K 38/00	14	8	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	26
A61K 39/00	-	-	2	4	2	1	2	-	-	-	-	-	-	11
A61K 48/00	-	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
C02F 3/34	1	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	7
C07G 11/00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
C07G 13/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C07G 15/00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
C07K 4/00	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
C07K 14/00	6	6	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	17
C07K 16/00	5	8	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
C07K 17/00	4	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	11
C07K 19/00	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
C12M	1	1	1	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	7
C12N	1	8	2	3	2	-	1	-	-	-	-	-	-	17
C12P	16	5	8	1	3	-	-	2	-	1	1	1	-	38
C12Q	11	4	3	2	1	2	1	-	-	1	-	-	-	25

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. BR=Brazil, CU=Cuba, MX=México, AR=Argentina, CL=Chile, UY=Uruguay, CO=Colombia, VE=Venezuela, PA=Paraguay, CR=Costa Rica, HN=Honduras, PE=Perú, NI=Nicaragua.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 127. (Continuación)
(Página final)

PAÍS* CÓDIGO	BR	CU	MX	AR	CL	UY	CO	VE	PA	CR	HN	PE	NI	TOTAL
C12S	1	1	2	-	1	-	1	2	1	-	-	-	-	9
G01N 27/327	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/53	6	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	10
G01N 33/54	2	-	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	7
G01N 33/55	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
G01N 33/57	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
G01N 33/68	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
G01N 33/74	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
G01N 33/76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/92	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2
TOTAL**	92	61	42	35	26	6	6	5	1	2	1	1	1	278

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. BR=Brazil, CU=Cuba, MX=México, AR=Argentina, CL=Chile, UY=Uruguay, CO=Colombia, VE=Venezuela, PA=Paraguay, CR=Costa Rica, HN=Honduras, PE=Perú, NI=Nicaragua.

** Este TOTAL corresponde a la suma de las filas que se observan en esta página, más las filas de la página anterior.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 128. País de los titulares latinoamericanos
(Continúa en la siguiente página)

PAÍS* CÓDIGO	BR	CU	MX	AR	CL	UY	CO	VE	PA	CR	HN	PE	NI	TOTAL
A01H 1/00	19	3	2	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	31
A01H 4/00	5	2	7	3	1	-	1	-	-	-	-	-	-	19
A61K 38/00	49	8	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59
A61K 39/00	-	-	-	4	-	1	2	-	-	-	-	-	-	7
A61K 48/00	-	3	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	7
C02F 3/34	5	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	10
C07G 11/00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
C07G 13/00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
C07G 15/00	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
C07K 4/00	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3
C07K 14/00	22	6	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31
C07K 16/00	21	8	2	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	35
C07K 17/00	4	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
C07K 19/00	1	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
C12M	11	1	1	-	6	1	-	-	-	-	-	-	-	20
C12N	7	10	3	3	2	-	1	-	-	-	-	-	-	26
C12P	111	6	2	1	5	-	-	1	2	1	-	1	-	130
C12Q	133	4	2	2	2	2	1	-	-	1	-	-	-	147

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. BR=Brazil, CU=Cuba, MX=México, AR=Argentina, CL=Chile, UY=Uruguay, CO=Colombia, VE=Venezuela, PA=Paraguay, CR=Costa Rica, HN=Honduras, PE=Perú, NI=Nicaragua.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 128. (Continuación)
(Página final)

PAÍS* CÓDIGO	BR	CU	MX	AR	CL	UY	CO	VE	PA	CR	HN	PE	NI	TOTAL
C12S	10	1	2	1	1	-	1	2	1	-	-	-	-	19
G01N 27/327	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
G01N 33/53	34	1	2	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-	40
G01N 33/54	7	-	3	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	13
G01N 33/55	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4
G01N 33/57	10	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	14
G01N 33/68	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
G01N 33/74	2	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
G01N 33/76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
G01N 33/92	2	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
TOTAL**	466	64	34	32	25	8	6	4	5	2	0	1	1	647

* Los nombres de los países se encuentran como las abreviaturas que propone la WIPO en el documento HANDBOOK ON INDUSTRIAL PROPERTY INFORMATION AND DOCUMENTATION, disponible en <<http://www.wipo.int/standards/en/pdf/03-03-01.pdf>>. BR=Brazil, CU=Cuba, MX=México, AR=Argentina, CL=Chile, UY=Uruguay, CO=Colombia, VE=Venezuela, PA=Paraguay, CR=Costa Rica, HN=Honduras, PE=Perú, NI=Nicaragua.

** Este TOTAL corresponde a la suma de las filas que se observan en esta página, más las filas de la página anterior.

Fuente: Resultados de las búsquedas hechas en el software MATHEO PATENT®, en la bases de patentes de la EPO-Worldwide y la base de patentes concedidas de la USPTO.

Anexo 129. Patentes colombianas en Biotecnología

Código IPC	Número de familias	Titulo de la patente	Inventor(es) de la patente	Titular(es) de la patente
A01H 4/00	1	PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA A PARTIR DE TEJIDO VEGETAL DIFERENCIADO	ATEHORTUA LUCIA G (CO)	ATEHORTUA LUCIA G (CO)
			NARANJO GÓMEZ ESTHER JULIA (CO)	NARANJO GÓMEZ ESTHER JULIA (CO)
			HERRERA VALDERRAMA ANDREA LORE (CO)	HERRERA VALDERRAMA ANDREA LORE (CO)
			GALLEGO RÚA ADRIANA MARÍA (CO)	GALLEGO RÚA ADRIANA MARÍA (CO)
A61K 39/00	2	VACUNA PARA EL CONTROL DE GARRAPATAS Y PROCEDIMIENTO PARA SU FABRICACIÓN	GUTIÉRREZ BENITO EUGENIO (--)	LIMOR DE COLOMBIA S A (CO)
			TORO FEDERICO PATIÑO (--)	
		PROCESO PARA OBTENER UN ANTÍGENO INTEGRAL DE LARVAS DE <i>BOOPHILUS MICROPLUS</i> Y EL ANTÍGENO INTEGRAL RESULTANTE	GUTIÉRREZ BENITO EUGENIO (--)	LIMOR DE COLOMBIA S A (CO)
			TORO FEDERICO PATIÑO (--)	
C12N	1	ELICITOR DE ORIGEN FÚNGICO Y PROCESO PARA SU PREPARACIÓN	GUARDIOLA PERILLA MARTA LUCIA (CO)	CT INTERNAC DE FÍSICA CIF (CO)
				GUARDIOLA PERILLA MARTA LUCIA (CO)
C12Q	1	MÉTODO BASADO EN UNA PRUEBA DE ALIENTO PARA LA DETECCIÓN DE MICROORGANISMOS PATÓGENOS	CAMPUZANO MAYA GERMÁN ANTONIO (CO)	CAMPUZANO MAYA GERMÁN ANTONIO (CO)
C12S	1	LÍQUIDO DE TRATAMIENTO PARA SEPARAR PRODUCTOS MULTI-CAPAS	NINO GLORIA (CO)	NINO GLORIA (CO)

Fuente: Datos generados de los resultados de las búsquedas hechas en el software *MATHEO PATENT®*, en la bases de patentes de la *EPO-Worldwide* y la base de patentes concedidas de la *USPTO*.

Anexo 130. Variables utilizadas para realizar el Análisis Estructural
(Continúa en la siguiente página)

FACTOR TECNOLÓGICO: Hace referencia a las capacidades para producir conocimiento e innovaciones tecnológicas				
#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
1	Valor agregado	Imperativo nacional que consiste en el desarrollo de productos con valor agregado con el objetivo de competir en mejores condiciones en el mercado internacional.	Desarrollo de productos de valor agregado en diferentes áreas de la industria y su competitividad en los mercados nacionales e internacionales.	Externa
2	Redes de investigación	Mecanismo de cooperación entre grupos de investigación para compartir información, infraestructura y conocimiento. Puede darse a nivel nacional (grupos UIS con grupos colombianos) o internacional (grupos UIS con grupos de otros países).	Participación de los grupos de investigación en redes nacionales o internacionales de ciencia y tecnología. Producción científica conjunta con grupos de investigación de otras instituciones.	Interna
3	Tecnologías convergentes	Sistemas de conocimiento científico y tecnológico que tienen fuertes sinergias entre sí y son a la vez tecnologías facilitadoras. Entre ellas se encuentran las nano, bio, info y cognotecnología. Incluye la Bioinformática, las tecnologías de alto rendimiento para genómica y tecnología <i>in silico</i> .	Grado de desarrollo de las tecnologías convergentes en el país.	Externa
4	Transferencia de tecnología	Relación universidad-empresa. Se refiere al proceso de transmisión de conocimiento técnico y su asimilación, adaptación, difusión y reproducción por un aparato productivo distinto al que la ha generado.	Montaje de procesos productivos como resultado de la investigación en la universidad. Número de proyectos e investigaciones realizadas en conjunto con la industria u otro tipo de organizaciones. Apropiación de la tecnología que incluye conocer su naturaleza (proceso, producto, tácita), la eficacia de los mecanismos de protección legal (patentes, <i>copy rigths</i> , marcas, secretos comerciales, propiedad intelectual) y las capacidades complementarias (mercadeo, control de calidad, y apoyo en las ventas).	Interna

Anexo 130. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
5	Programa de postgrado en Biotecnología	El área estratégica de biotecnología de la UIS busca promover, apoyar y emprender actividades de investigación y desarrollo en áreas específicas de las ciencias básicas, la salud, la ingeniería y la biología, con miras a responder a las necesidades y a los problemas agroindustriales, de salud, medioambientales y energéticos a nivel regional y nacional. La UIS promoverá, a través de este programa, la formación de recurso humano altamente calificado a nivel de maestría y de doctorado.	Aprobación del doctorado y puesta en funcionamiento; número de proyectos aprobados; monto de proyectos de investigación; número de convenios interinstitucionales a nivel nacional e internacional; número de maestrandos y doctorandos; número de profesores vinculados al programa de postgrado.	Interna
6	Empresas de Base Tecnológica (Spin Off)	Un spin off, o empresa derivada, se genera en la Universidad con la participación de profesores, jóvenes investigadores y emprendedores. El objetivo es favorecer la creatividad y el emprendimiento. Se pueden concebir modelos de negocio, siendo la base de sus productos o servicios el conocimiento y la tecnología creada en la misma Universidad.	Número de Empresas de base tecnológica, existentes y auto sostenibles.	Interna
7	Capacidad científica y tecnológica	Facultades que posee la universidad en conjunto para llevar a cabo investigaciones y desarrollar productos y procesos biotecnológicos.	Grupos y centros de investigación. Talento humano calificado. Infraestructura investigativa.	Interna
8	Producción científico-tecnológica	Hace referencia a la producción de escritos científicos, de inventos, diseños o desarrollos tecnológicos originales derivados de la actividad investigativa de la UIS.	Todos los productos científico-tecnológicos considerados por Colciencias	Interna

Anexo 130. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

FACTOR FINANCIERO: Incumbe todas las posibles formas de consecución de recursos financieros destinados a la investigación, a la producción de productos y procesos en biotecnología, y a empresas de base tecnológica				
#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
9	Disponibilidad de recursos	Es la aplicación y consecución de recursos financieros de carácter institucional, regional, nacional o internacional, a la creación, renovación, ampliación o mejora de la capacidad operativa e investigativa de la universidad (UIS) para elaborar productos y procesos biotecnológicos.	Financiación o desembolsos gubernamentales para la investigación y desarrollo.	Interna
			Financiación o desembolsos provenientes de acuerdos o convenios con otras instituciones u organizaciones de carácter nacional o internacional.	
			Financiación o desembolsos a través de capital de riesgo, IPO (oferta pública inicial), ampliaciones u otras formas.	
			Financiación que proviene de la venta de servicios y su respectiva reinversión en proyectos de investigación.	
			Recursos dispuestos para investigación en el área por la UIS, en su presupuesto.	
FACTOR POLÍTICO: se refiere a las políticas, planes, programas, convenios, tratados y demás medidas gubernamentales que pueden afectar el desarrollo y la evolución de la biotecnología en Colombia.				
10	Areas prioritarias	Temas definidos en los diversos programas de ciencia y tecnología, agendas empresariales, planes o políticas gubernamentales, a nivel regional o nacional, como claves o de gran interés para el desarrollo de la biotecnología.	Temas priorizados para la ejecución de proyectos académicos y empresariales en biotecnología.	Externa
11	Políticas nacionales, departamentales y municipales	Hace referencia al entorno político que rodea el desarrollo de la ciencia y tecnología, en cuanto a la elaboración de políticas y leyes subsecuentes, la gestión de recursos financieros, el estímulo a la cultura investigativa y las herramientas creadas para el fomento de las actividades científico-tecnológicas que están incluidas en los planes de desarrollo institucional, sectorial, regional y nacional.	Políticas, decretos y leyes que fomentan la investigación.	Externa
			Incentivos para la investigación.	

Anexo 130. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

FACTOR ECONÓMICO: Comprende las variables de mercado y las tendencias económicas en torno a la biotecnología. También incluye los programas y proyectos que tienen por objeto el desarrollo económico de sectores productivos asociados				
#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
12	Mercado existente	Corresponde a la interacción entre los grupos de compradores y vendedores de productos y procesos biotecnológicos en la actualidad. Los comparadores establecen conjuntamente la demanda del producto, y los vendedores su oferta.	Aumento de la demanda (mundial y nacional) por determinados productos y procesos biotecnológicos.	Externa
			Productos biotecnológicos más vendidos a nivel regional y nacional.	
13	Demanda y/u oferta existente	Se refiere a la interacción entre los grupos de compradores y vendedores alrededor de un determinado producto o proceso biotecnológico, que en vista de su reciente e incipiente crecimiento, representa un mercado con muchas oportunidades para la inversión y el desarrollo de innovaciones.	Tecnologías, productos y procesos emergentes con posibles aplicaciones en biotecnología.	Externa
			Sectores productivos emergentes asociados a la biotecnología.	
14	Redes territoriales	Se refiere a las redes territoriales o “clusters” identificables en la región. En los <i>clusters</i> existen proveedores especializados y fortalezas institucionales que favorecen el desarrollo empresarial y tecnológico.	Las aglomeraciones se dan cuando las firmas sean competidores o complementarias. Compiten entre sí pero también cooperan y existe una constante presión de la demanda hacia la innovación de los productos.	Externa
15	Acuerdos comerciales internacionales	La manera como los convenios, tratados o cualquier otro acto vinculante, por el cual dos o más países se comprometen a cumplir ciertas acciones para mejorar su intercambio comercial, afecta el desarrollo de la biotecnología en Colombia.	Número de convenios establecidos con otros países	Externa
FACTOR AMBIENTAL: Involucra la protección del medio ambiente como forma esencial para el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras				
16	Desarrollo sostenible	La producción del presente no debe afectar la producción del futuro, por lo que su objetivo es prevenir y mitigar el impacto ambiental que las actividades productivas puedan causar sobre el patrimonio natural y la calidad de vida.	Estado del desarrollo sostenible en el país.	Externa
			Producción limpia.	

Anexo 130. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

FACTOR ORGANIZACIONAL: Corresponde a la clase de modelo organizacional de las empresas del sector, del mismo modo que incluye a las instituciones asociadas o interesadas en la biotecnología				
#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
17	Gestión del talento humano	Hace referencia a las decisiones organizacionales que afectan a los investigadores e influyen en la eficacia de éstos y de los grupos de investigación UIS. Incluye los recursos básicos que debe disponer un científico para poder desarrollar a cabalidad sus trabajos e investigaciones.	Control sobre las horas dedicadas a la docencia por los investigadores, de tal manera que dispongan del tiempo suficiente para desempeñar sus labores investigativas. Número de profesores planta. Existencia de una figura que permita la dedicación exclusiva a la investigación. Posibilidades de desarrollo profesional. Salarios. Clima laboral. Reconocimiento y motivación.	Interna
18	Asociatividad entre los grupos de investigación UIS	Corresponde a la constitución de mecanismos entre grupos, que permitan la comunicación eficaz de los miembros de un mismo grupo de investigación, entre los grupos de una misma área y entre las áreas estratégicas. Incluye la infraestructura compartida y los proyectos conjuntos. Además la constante comunicación entre los grupos de interés del área y los grupos de investigación UIS.	Nivel de formalización de los mecanismos de comunicación y socialización entre los diversos grupos de investigación, así como entre estos y los grupos de interés.	Interna
FACTOR SOCIAL: Corresponde a todas las características y elementos que definen la vida de una comunidad. La educación, la cultura, los problemas que aquejan a la sociedad civil, las normas de conducta, así como también las opiniones y percepciones de los grupos de interés				
19	Vida saludable	Tendencia mundial que consiste en el consumo de productos bajos en grasa, en azúcar, frescos, más naturales, orgánicos, terapéuticos, productos funcionales, es decir, altos contenidos de fibra, vitaminas, alimentos nutraceuticos. Además Innovaciones terapéuticas y medicinales, esencias, aromas, demanda de productos étnicos.	Aumento o disminución en el consumo de alimentos orgánicos. Mejoramiento en diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades través de las innovaciones medicinales y terapéuticas, y los hábitos de vida saludables.	Externa

Anexo 130. (Continuación)
(Página final)

#	VARIABLE	¿EN QUÉ CONSISTE?	INDICADOR	TIPO
20	Percepción social	La forma como el público en general valora los beneficios y perjuicios de la biotecnología. La opinión de la comunidad nacional.	ONGs a favor o en contra de los avances biotecnológicos. Grupos o asociaciones que apoyan los desarrollos tecnológicos en el área.	Externa
FACTOR LEGAL: Hace referencia a la legislación y la normatividad que regula el desarrollo y evolución de la biotecnología				
21	Bioseguridad	Evaluación de posibles riesgos asociados a los productos biotecnológicos. Sus campos de aplicación son la salud humana, ambiental y los efectos socioeconómicos.	Marcos regulatorios en materia de bioseguridad y la protección al consumidor.	Externa
22	Propiedad intelectual	Comprende un conjunto de diferentes formas de protección caracterizadas por la concesión de un derecho en exclusiva sobre la explotación, durante un cierto período de tiempo, de un conjunto de conocimientos o símbolos.	Marco regulatorio mundial.	Externa
			Normatividad de la propiedad intelectual acorde a las necesidades y circunstancias del país.	

Fuentes:

- INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” COLCIENCIAS. La biotecnología, motor de desarrollo para la Colombia de 2015. Bogotá. 2008.
- COMISIÓN EUROPEA. Informe de vigilancia tecnológica: Biotecnología. [En línea]. [Citado en Noviembre de 2008]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT_ce6_biotecnologia.pdf>.
- COMISIÓN EUROPEA. Informe de vigilancia tecnológica: Industria agroalimentaria y economía rural. [En línea]. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/informacionIDI/biblioteca/Publicacion/doc/vt_ce5_competitividad_sostenibilidad.pdf>. [Citado en Noviembre de 2008].
- CONCEJO NACIONAL DE COMPETITIVIDAD. Primer glosario de términos relacionados con la competitividad. Enero de 2004.
- INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” COLCIENCIAS. Plan Estratégico Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Agropecuarias, bases para una política de promoción de la innovación y el desarrollo tecnológico en Colombia. Bogotá. 2005.
- Fundamentos de economía de la empresa. F. Tarrágo Sabaté. 1986.
- <http://www.worldbank.org/depweb/spanish/modules/social/pgr/index.html>
- <http://www.lablaa.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/econo16.htm>
- http://educon.javeriana.edu.co/ViceAcademica/contenidoGen.asp?p=PROD_INTELEC
- Principios de Economía, de Gregory Mankiw, Tercera Edición, Mc Graw Hill, Pág. 41.

Anexo 131. Informe MICMAC

(Continúa en la siguiente página)

LISTA DE VARIABLES

1. Valor agregado	(valoragre)
2. Redes de investigación	(Redinvest)
3. Tecnologías convergentes	(Tecconverg)
4. Transferencia de tecnología	(Transfetec)
5. Programa de postgrado en Biotecnología	(postgrado)
6. Empresas de Base Tecnológica (Spin Off)	(Spinoff)
7. Capacidad científica y tecnológica	(Cap-cient)
8. Producción científica tecnológica	(Productec)
9. Disponibilidad de recursos	(Recursos)
10. Áreas prioritarias	(Areasprior)
11. Políticas Nacionales, departamentales y municipales	(Políticas)
12. Mercado existente	(mercadoex)
13. Demanda y /u oferta emergente	(Deman-ofer)
14. Redes territoriales	(redterrit)
15. Acuerdos comerciales internacionales	(Acuerdoint)
16. Desarrollo sostenible	(sostenible)
17. Gestión del Talento Humano	(talentohum)
18. Asociatividad entre los grupos de investigación UIS	(asociativi)
19. Vida saludable	(vidasaluda)
20. Percepción social	(percsocial)
21. Bioseguridad	(biosegurid)
22. Propiedad Intelectual	(PI)

MATRICES DE ENTRADA

Matriz de Influencias Directas (MID)

La Matriz de Influencias Directas (MID) describe las relaciones de influencias directas entre las variables que definen el sistema.

Las influencias se puntúan de 0 a 3, con la posibilidad de señalar las influencias potenciales:

0: Sin influencia

1: Débil

2: Media

3: Fuerte

P: Potencial

Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP)

La Matriz de Influencias Directas Potenciales MIDP representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables. Completa la matriz MID teniendo igualmente en cuenta las relaciones visibles en un futuro.

Anexo 131. (Continuación)

(Continúa en la siguiente página)

Las influencias se puntúan de 0 a 3:

0: Sin influencia

1: Débil

2: Media

3: Fuerte

RESULTADOS DEL ESTUDIO

INFLUENCIAS DIRECTAS

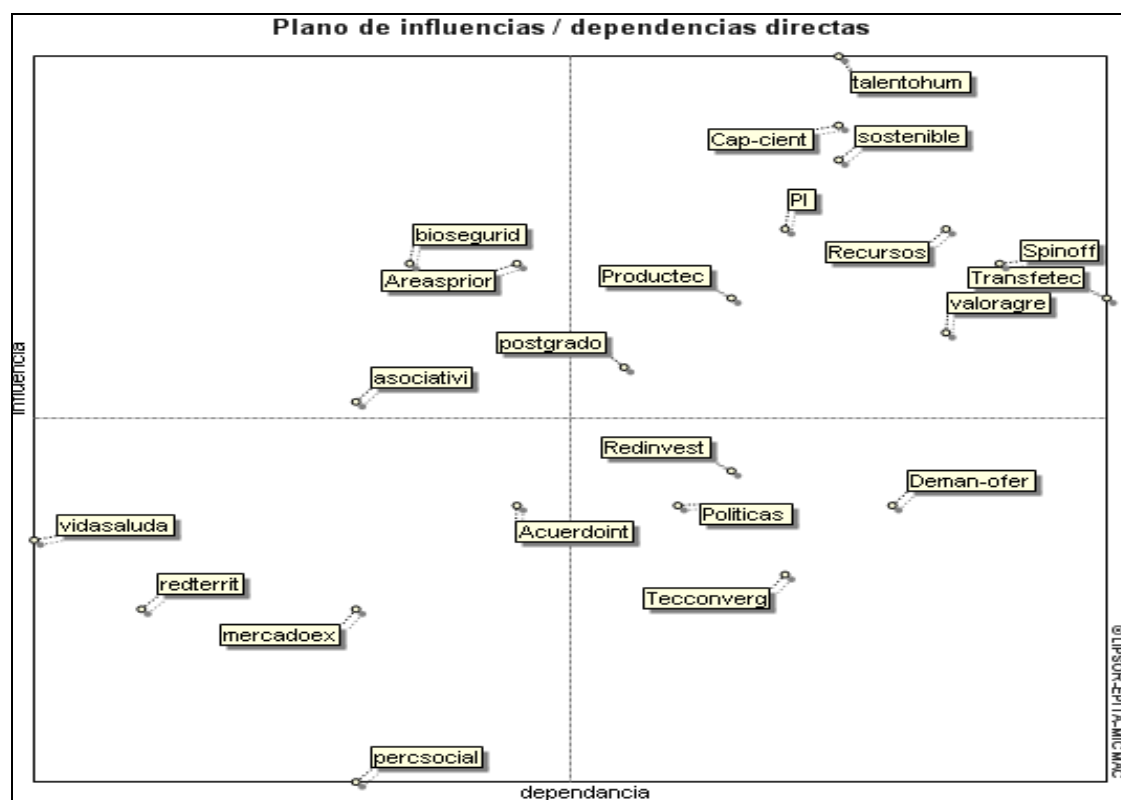
Estabilidad a partir de MID

Demuestra que toda la matriz debe converger hacia una estabilidad al final de un cierto número de iteraciones (generalmente 4 ó 5 para una matriz de 30 variables), es interesante poder seguir la evolución de esta estabilidad en el curso de multiplicaciones sucesivas. En ausencia de criterios matemáticamente establecidos, ha sido elegido para apoyarse sobre un número determinado de iteraciones.

ITERACIÓN	INFLUENCIA	DEPENDENCIA
1	96 %	92 %
2	100 %	101 %

Plano de influencias / dependencias directas

Este plano se determina a partir de la matriz de influencias directas MID.

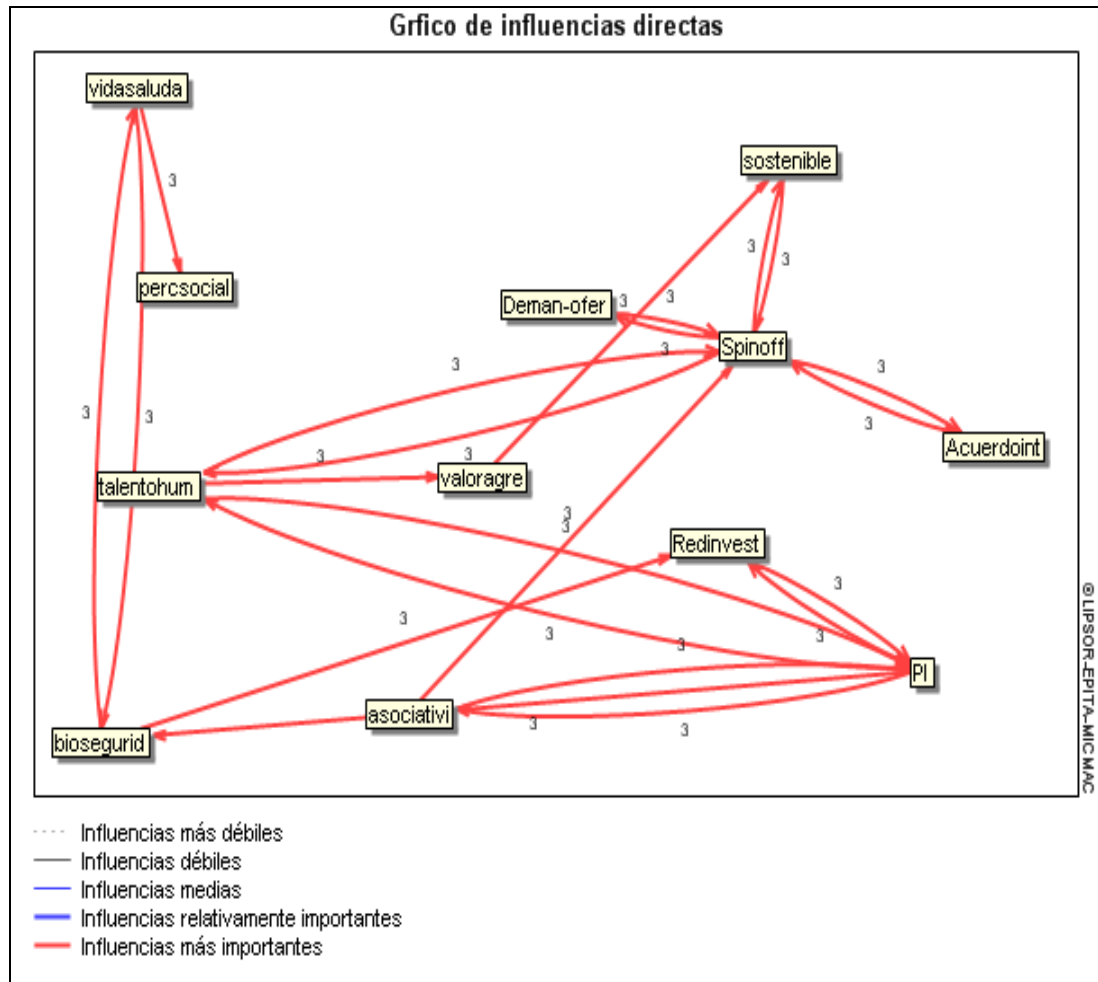


Anexo 131. (Continuación)

(Continúa en la siguiente página)

Gráfico de influencias directas

Este gráfico se determina a partir de la matriz de influencias directas MID.



INFLUENCIAS DIRECTAS POTENCIALES

Estabilidad a partir de MIDP

Demuestra que toda matriz debe converger hacia una estabilidad al final de un cierto número de iteraciones (generalmente 4 ó 5 para una matriz de 30), es interesante poder seguir la evolución de esta estabilidad después de multiplicaciones sucesivas. En ausencia de criterios matemáticamente establecidos, se elige apoyarse en un número de permutaciones necesarios en cada iteración para clasificar la influencia y la dependencia, del conjunto de variables.

ITERACIÓN	INFLUENCIA	DEPENDENCIA
1	94 %	92 %
2	100 %	99 %

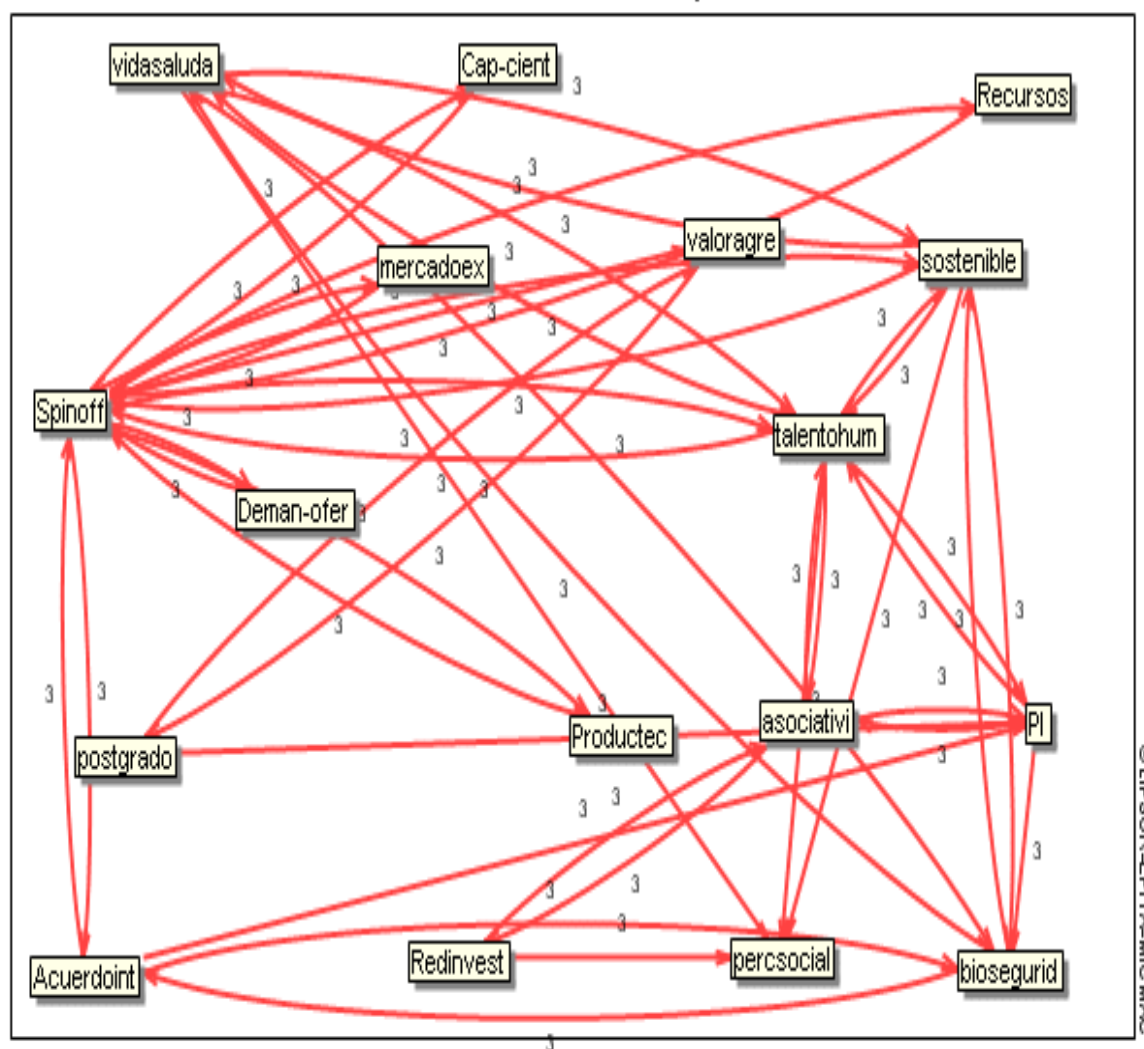
Anexo 131. (Continuación)

(Continúa en la siguiente página)

Gráfico de influencias directas potenciales

Este gráfico se determina a partir de la matriz de influencias directas potenciales MIDP.

Gráfico de influencias directas potenciales



- Influencias más débiles
- Influencias débiles
- Influencias medias
- Influencias relativamente importantes
- Influencias más importantes

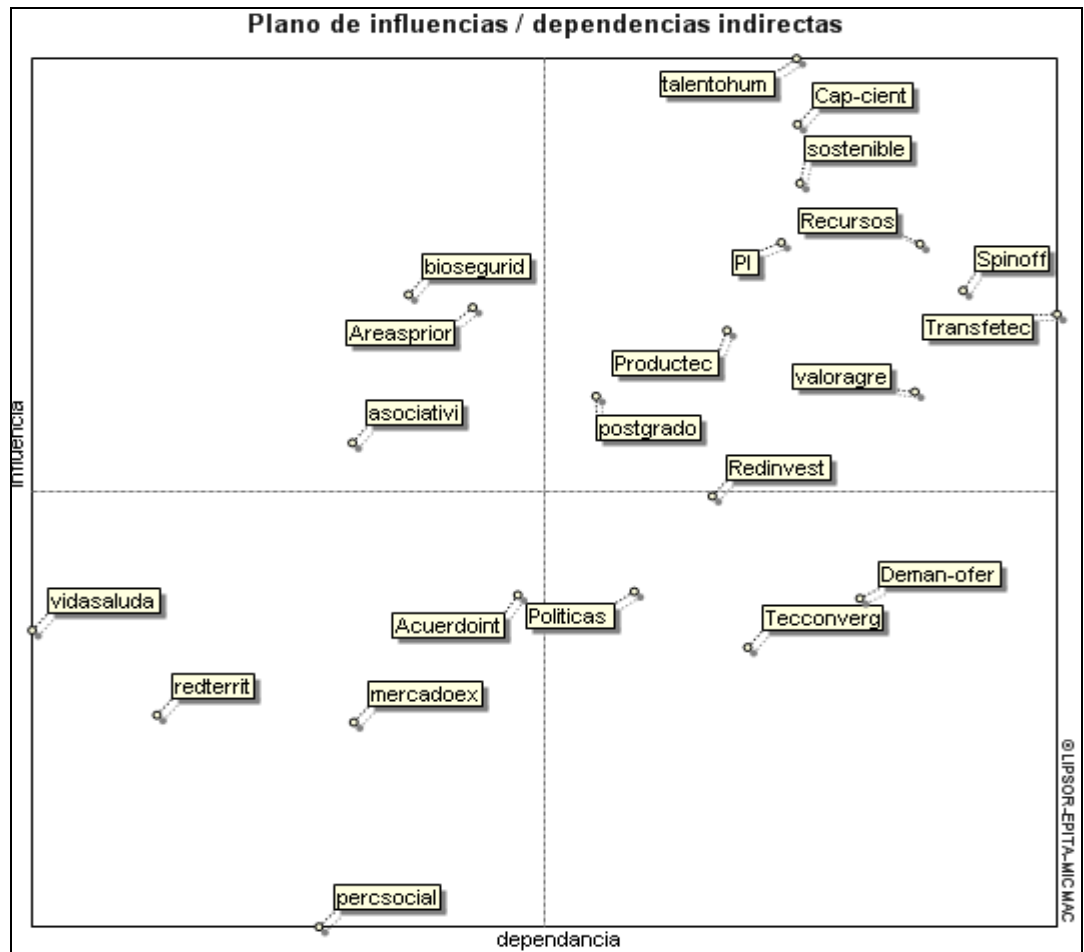
Anexo 131. (Continuación)

(Continúa en la siguiente página)

INFLUENCIAS INDIRECTAS

Plano de influencias / dependencias indirectas

Este plano se determina a partir de la matriz de influencias indirectas MII.



INFLUENCIAS INDIRECTAS POTENCIALES

Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP)

La Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP) corresponde a la Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) elevada a la potencia, por iteraciones sucesivas. A partir de esta matriz, una nueva clasificación de las variables pone en valor las variables potencialmente más importantes del sistema.

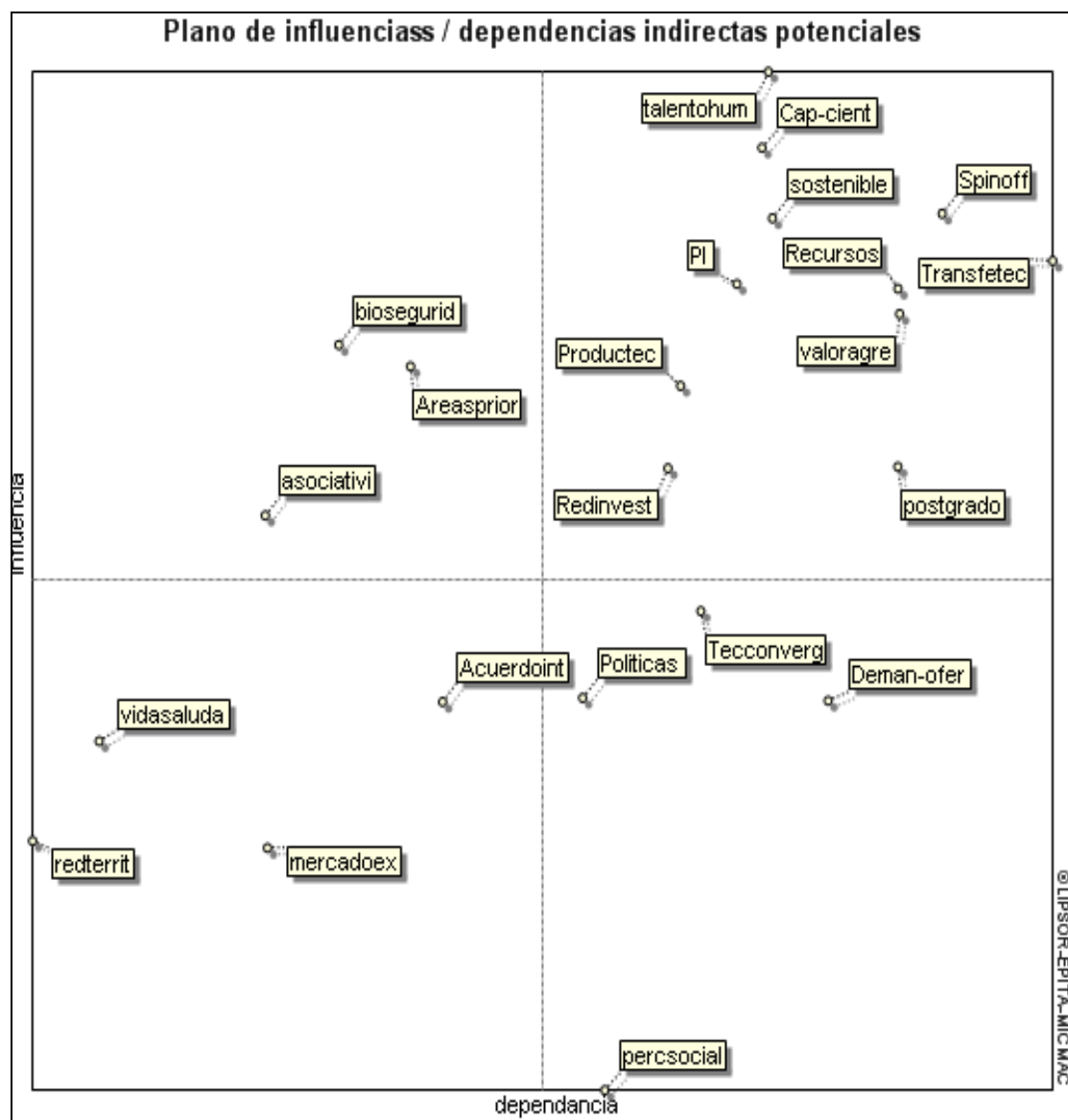
Los valores representan la tasa de influencias indirectas potenciales.

Anexo 131. (Continuación)

(Continúa en la siguiente página)

Plano de influencias / dependencias indirectas potenciales

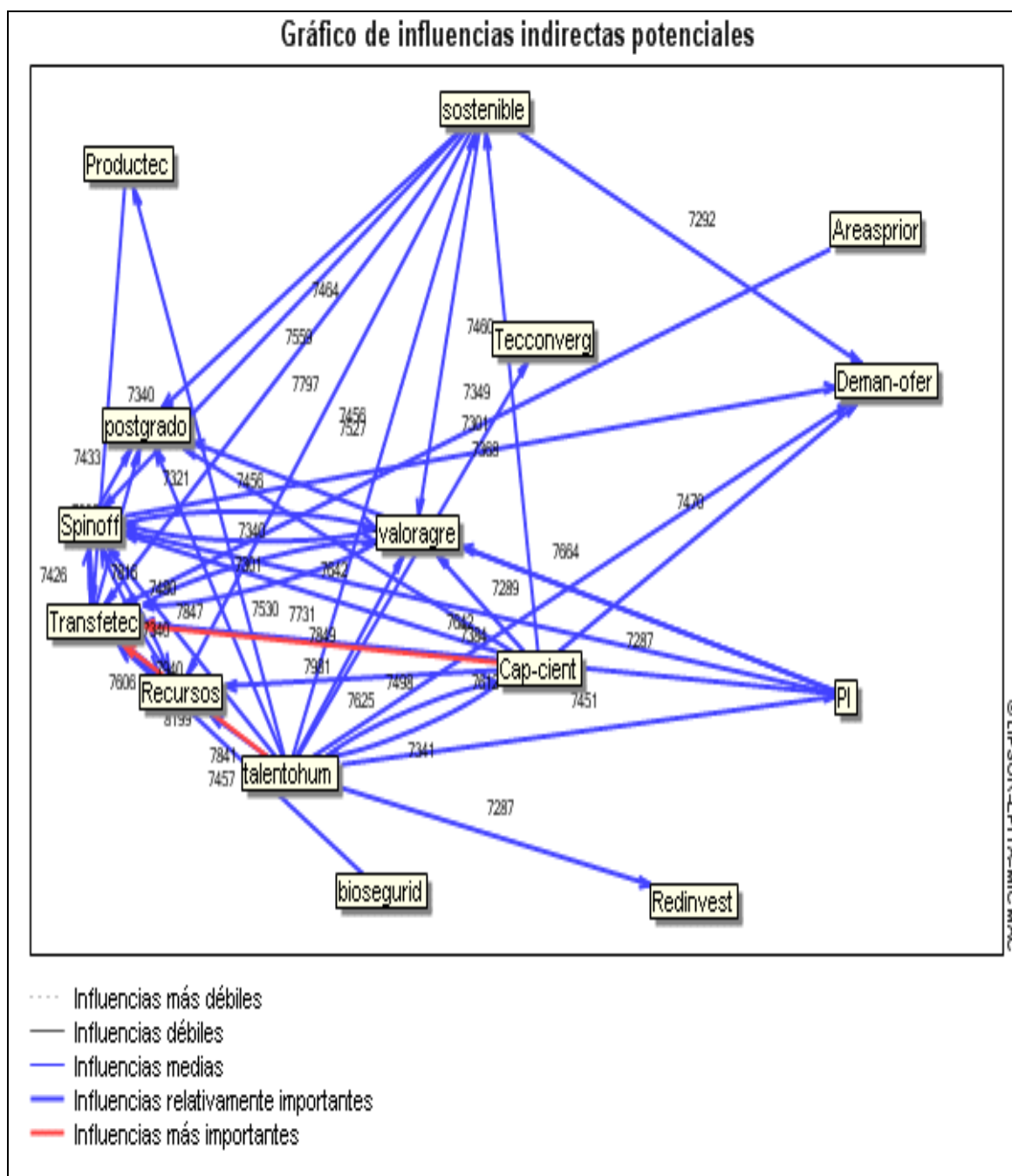
Este plano se determina a partir de la matriz de influencias indirectas potenciales MIIP.



Anexo 131. (Continuación)
(Continúa en la siguiente página)

Gráfico de influencias indirectas potenciales

Este gráfico se determina a partir de la matriz de influencias indirectas MIIP.



Anexo 131. (Continuación)
(Página final)

	12 : mercadeo	13 : Deman-ofe	14 : redterit	15 : Acuerdoint	16 : sostenible	17 : talentohum	18 : asociativ/	19 : vidasaluda	20 : percsocial	21 : biosegurida	22 : PI
1 : Valor agregado	5820	7065	5335	6184	6936	6887	5782	5463	6566	5997	6875
2 : Redes de investigación	5480	6637	5003	5844	6559	6523	5502	5132	6203	5613	6466
3 : Tecnologías convergentes	5207	6296	4720	5530	6165	6192	5177	4868	5832	5325	6110
4 : Transferencia de tecnología	5956	7188	5417	6328	7062	7047	5917	5554	6702	6109	6992
5 : Programa de postgrado en Biotecnología	5529	6643	4996	5845	6553	6546	5502	5154	6216	5665	6492
6 : Empresas de Base Tecnológica (Spin Off)	6054	7301	5505	6423	7188	7183	6015	5655	6826	6209	7118
7 : Capacidad científica y tecnológica	6175	7470	5623	6597	7349	7341	6188	5778	6946	6349	7259
8 : Producción científica tecnológica	5653	6863	5152	6070	6728	6752	5679	5306	6383	5796	6648
9 : Disponibilidad de recursos	5889	7103	5363	6259	6998	6983	5877	5495	6595	6024	6916
10 : Áreas prioritarias	5727	6926	5222	6059	6815	6785	5689	5327	6458	5886	6737
11 : Políticas Nacionales, departamentales y municipales	4997	6058	4565	5344	5943	5979	4994	4691	5655	5142	5885
12 : Mercado existente	4664	5669	4271	5041	5569	5578	4705	4396	5267	4779	5495
13 : Demanda y /u oferta emergente	5003	6042	4556	5349	5945	5949	5015	4673	5620	5113	5857
14 : Redes territoriales	4707	5699	4281	5026	5590	5580	4705	4436	5295	4822	5535
15 : Acuerdos comerciales internacionales	5022	6070	4571	5286	5977	5912	4976	4688	5648	5167	5923
16 : Desarrollo sostenible	6004	7292	5496	6431	7139	7162	6025	5652	6789	6192	7072
17 : Gestión del Talento Humano	6319	7664	5784	6778	7527	7500	6328	5954	7137	6484	7451
18 : Asociatividad entre los grupos de investigación UIS	5384	6549	4941	5699	6427	6409	5365	5033	6084	5564	6363
19 : Vida saludable	4931	5925	4474	5230	5875	5855	4948	4589	5562	5061	5777
20 : Percepción social	4177	5072	3804	4468	4957	4966	4180	3923	4675	4290	4899
21 : Bioseguridad	5739	6982	5244	6153	6833	6819	5734	5415	6464	5882	6751
22 : Propiedad Intelectual	5866	7127	5365	6276	6986	6993	5901	5516	6622	6058	6897

© UPSOR-EPTA-MICMAC