

**EVOLUCIÓN Y ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA – SANTANDER
(Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro)**

ALIX ESTELA YUSARA CONTRERAS GÓMEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2007**

**EVOLUCIÓN Y ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL
EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA – SANTANDER
(Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro)**

ALIX ESTELA YUSARA CONTRERAS GÓMEZ

MONOGRAFÍA

**Director:
Edgar Fernando Castillo M.
Ingeniero Químico
Director CEIAM - UIS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2007**

Principalmente este trabajo lo dedico al Santo Espíritu Divino, motor del Universo y de nuestro Planeta, por quien existo y realizo.

A ti, Madre Tierra y sobre todo a el compuesto mágico “Agua”, por permitir acercarme a su conocimiento y trabajar por su conservación.

A mis Padres, Wilson Antonio y Blanca Stella, quienes me han dado y ensañado todo, y para quienes las palabras más hermosas serían poco.

A mis hermanos, Wilson Alexis y Krupskaya, por su importancia en mi corazón.

A mi novio, Mauricio, por su apoyo constante, latente y amoroso... por creer en mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, especialmente al Doctor Fredy Antonio Anaya, por su apoyo y colaboración con el suministro de información para la realización del presente trabajo.

A mis compañeros de la CDMB, por disponer de su tiempo para la culminación de este trabajo, especialmente a Genny Sánchez, Cesar Farasica, Edgar Rojas, Eduardo, Elverth Duarte y Amada.

Al Doctor Edgar Castillo, director de la monografía, por su confianza y valiosa ayuda.

Al Doctor Jairo Puentes, director de la especialización, por su oportuna revisión, constante atención en el trabajo y por brindarme motivación para seguir adelante.

Al Doctor Jaime Camargo, calificador de la monografía, por su escucha y aportes al trabajo.

A la Doctora Tulía Rivera por su orientación en el componente estadístico de la monografía.

A mis amigos, Oscar, Paulo, Diego y Sandrita por su preocupación, presencia y existencia.

A mi primo, Sergio Colmenares por su ayuda con la traducción del resumen.

A mis pececillos por su compañía durante todas las noches y días de desvelos.

RESUMEN

TITULO: EVOLUCIÓN Y ESTADO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL EN EL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA – SANTANDER (Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro)*

AUTOR: CONTRERAS GÓMEZ, ALIX ESTELA YUSARA ** **

PALABRAS CLAVES: ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES, ESTADÍSTICA MULTIVARIADA, RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL, CALIDAD DEL AGUA, MONITOREO, ANÁLISIS DE VARIANZAS, MATRIZ DE CORRELACIÓN.

DESCRIPCION: El estudio de la evolución y estado del recurso hídrico superficial del Área Metropolitana de Bucaramanga, se centra en la aplicación de técnicas estadísticas multivariadas a los datos de calidad de Subcuenca de Río de Oro, durante el periodo comprendido desde 1983 hasta 2005, con el empleo específicamente de Análisis de Componentes Principales en los afluentes del Río de Oro: Quebrada Suratoque, Río Lato, Quebrada La Ruitoca, Río Frío, Quebrada La Iglesia, Quebrada Chimitá, Quebrada Cuyamita, Quebrada La Argelia, Quebrada Las Navas, Quebrada Chapinero y Quebrada La Picha, y en cuatro puntos ubicados sobre el mismo.

El Análisis de Componentes Principales explora en la Subcuenca del Río de Oro la relación existente entre las variables de calidad en estudio, como son: Coliformes Fecales, Demanda Biológica de Oxígeno a los 5 días, Fósforo Total, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Total Kjeldahl, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos Totales, Temperatura del Agua y Turbiedad, en cada uno de los puntos de monitoreo finales encontrados en los diferentes afluentes del Río de Oro y los puntos sobre el Río, pertenecientes a la Red de Calidad del Agua de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de

* Monografía

** Universidad Industrial de Santander, Especialización en Química Ambiental, Escuela de Química. Asesor: Edgar Fernando Castillo M.

Bucaramanga, quien realiza mediciones quincenales en cada uno desde 1983 como seguimiento a la calidad de las corrientes de su jurisdicción.

Como complemento al Análisis Componentes Principales se efectuó el análisis de varianzas para determinar la variabilidad de la masa total de datos en cada uno de los puntos en estudio y generar conocimiento junto con algunos estadísticos descriptivos tales como, media aritmética, máximo y mínimo, que permiten caracterizar cada una de las corrientes.

Finalmente, lo anterior permitió un acercamiento al conocimiento histórico de la Subcuenca en estudio, pues dejó en evidencia con las nuevas variables obtenidas del ACP, la naturaleza del impacto ambiental causado por las diferentes fuentes de tipo antrópico y natural, así como la cinética de la autodepuración del Río de Oro.

SUMMARY

TITLE: EVOLUATION AND ACTUAL SUPERFICIAL HYDRO RESOURCES OF THE METROPOLITAN AREA OF THE BUCARAMANGA CITY – SANTANDER DEPARTMENT REPUBLIC OF COLOMBIA*.

AUTHOR: CONTRERAS GÓMEZ, ALIX ESTELA YUSARA **,**

KEY WORDS: Principal Components Analysis, Multivariate Statistical, Superficial Hydro Resources, Quality of the Water, Monitoring, variance analysis, Matrix of Correlation.

DESCRIPTION: This is a study of the Evolution and Actual Superficial Hydro Resources of the Bucaramanga City and the Metropolitan Area, got emphasis in the application data base of Quality of Oro River Creek, between 1983 to 2005, using Principal Component Analysis of the Oro River Creek water: Suratoque Stream, Lato River, La Ruitoca Stream, Frío River, La Iglesia Stream, Chimitá Stream, Cuyamita Stream, La Argelia Stream, Las Navas Stream, Chapinero Stream y La Picha Stream and the same four points at Oro River.

The Principal Components Analysis study at the Oro River Creek relation among variables in this study, as: E. coli, Biochemical Oxygen Demand in five days, total Phosphorus, Nitrates, Nitrites, Kjeldhal Total Nitrogen, Dissolved Oxygen, pH, Dissolved Solids Plus Suspended, Water Temperature, Turbidity, at every final points of monitoring at the Oro River tributary rivers and the four points of this river, that is part of the Monitoring and Quality Program of the Water of The Independent Regional Corporation for Protection of The Bucaramanga Plateau, that monitoring the water quality every other week at all this points from 1983, as responsible for the water quality in Santander Department at the Colombia Republic.

As complement of the Principal Components Analysis did an variance analysis to determinate the variety of the quality data of all points of the study to know

* Monografy

** Industrial University of Santander Environment Chemistry Specialization, School of Chemistry.
Adviser: Edgar Fernando Castillo M.

statistical descriptive like, Arithmetic media, minimum and maximum, that way we knew the characterizes of the water at all points.

Finally, all this let us know the historical record of the quality of water at the Oro River Creek, and using the Principal Component at the tributary rivers we got a true idea the environment impact caused from the human be, industrial activities, or by farmers, and the kinetic of the river and self control.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. ASPECTOS GENERALES	21
1.1 Definición del Problema.....	21
1.2 Alcance.....	22
1.3 Objetivos.....	22
1.3.1 Objetivo General.....	22
1.3.2 Objetivos Específicos.....	22
1.4 Fuentes de Contaminación de la Subcuenca del Río de Oro.....	23
1.4.1 Disposición de aguas residuales domésticas del AMB.....	23
1.4.2 Disposición de efluentes industriales.....	30
1.4.3 Disposición de efluentes Pecuarios.....	40
1.5 Monitoreo de la Calidad del Agua en la jurisdicción de la CDMB.....	40
1.6 Legislación Ambiental Colombiana relacionada con Calidad de Agua.....	43
1.6.1 Decreto 1594 de 1984.....	43
1.6.2 Estatuto Sanitario.....	44
2. Metodología	48
2.1 Descripción de los Datos en Estudio.....	50
2.1.1 Descripción de la población.....	50
2.1.2 Descripción de la muestra.....	50
2.1.3 Descripción de las variables.....	51
2.2 Descripción de la técnica de estadística multivariada aplicada en el estudio.....	60
3. DESCRIPCIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO DE ORO Y PUNTOS DE MONITOREO SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO	62
3.1 Descripción de la Subcuenca Río de Oro.....	62
3.1.1 Microcuenca Río de Oro Alto.....	64
3.1.2 Microcuenca Río de Oro Medio.....	65
3.1.3 Microcuenca Río Lato.....	66
3.1.4 Microcuenca Río Frío.....	66
3.1.5 Microcuenca Oro Bajo.....	67
3.2 Descripción de los Puntos de Monitoreo seleccionados sobre la Subcuenca Río de Oro.....	67
3.2.1 Quebrada La Picha – Punto LP01.....	68
3.2.2 Quebrada Chapinero – Punto CH01.....	69
3.2.3 Quebradas Las Navas – LN01.....	70
3.2.4 Quebrada La Argelia.....	70

3.2.5	Quebrada Cuyamita	71
3.2.6	Quebrada Chimitá	72
3.2.7	Quebrada La Iglesia.....	73
3.2.8	Río Frío.....	74
3.2.9	Río de Oro	75
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	78
4.1	Análisis de los Estadísticos Descriptivos de las variables	78
4.1.1	Coliformes Fecales	78
4.1.2	DBO5.....	79
4.1.3	Fósforo Total	80
4.1.4	Nitratos.....	81
4.1.5	Nitritos.....	83
4.1.6	Nitrógeno Total Kjeldahl NTK	84
4.1.7	Oxígeno Disuelto	85
4.1.8	pH	86
4.1.9	Sólidos Suspendidos Totales	87
4.1.10	Temperatura del agua	87
4.1.11	Turbiedad	88
4.2	Análisis de Correlación Subcuenca Río de Oro	89
4.2.1	Quebrada La Picha	89
4.2.2	Quebrada Chapinero	90
4.2.3	Quebrada Las Navas	90
4.2.4	Quebrada La Argelia.....	91
4.2.5	Quebrada Cuyamita	92
4.2.6	Quebrada Chimitá	92
4.2.7	Quebrada La Iglesia.....	93
4.2.8	Río Frío.....	93
4.2.9	Quebrada La Ruitoca	94
4.2.10	Río Lato.....	95
4.2.11	Quebrada Suratoque	95
4.2.12	Río de Oro	95
4.3	Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro.....	100
4.3.1	Quebrada La Picha	100
4.3.2	Quebrada Chapinero	102
4.3.3	Quebrada Las Navas	103
4.3.4	Quebrada La Argelia.....	104
4.3.5	Quebrada Cuyamita	106
4.3.6	Quebrada Chimitá	107
4.3.7	Quebrada La Iglesia.....	108
4.3.8	Río Frío.....	109
4.3.9	Quebrada La Ruitoca	111
4.3.10	Río Lato.....	112
4.3.11	Quebrada Suratoque	113
4.3.12	Río de Oro	115

5. CONCLUSIONES	120
6. RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA.....	125
ANEXOS.....	128

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Proyección Poblacionales AMB 1995 - 2005	29
Tabla 2. Normas para Vertimiento a un Cuerpo de Agua – Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984	31
Tabla 3. Normas para Vertimiento al Alcantarillado Público - Artículo 73 del Decreto 1594 de 1984.	31
Tabla 4. Concentraciones para el Control de la Carga de Sustancias de Interés Sanitario - Artículo 74 del Decreto 1594 de 1984.	32
Tabla 5. Establecimientos generadores de aguas residuales dentro del AMB.	33
Tabla 6. Punto de monitoreo de Calidad de Agua CDMB	40
Tabla 7. Intervalos de Calidad	42
Tabla 8. Criterios de Calidad para diferentes destinaciones del Recurso Hídrico según Decreto 1594 de 1984.....	44
Tabla 9. Resumen Parámetros de Clasificación de las Corrientes del Estatuto Sanitario de la CDMB	47
Tabla 10. Códigos de las variables en estudio (Parámetros de Calidad del Agua).....	52
Tabla 11. Unidades de medida de los parámetros de calidad de agua o variables.	52
Tabla 12. Solubilidad del oxígeno	56
Tabla 13. Evolución de la actividad microbiana teniendo en cuenta la temperatura del agua.	59
Tabla 14. Distribución de áreas de la Subcuenca del Río de Oro.....	62
Tabla 15. Estadísticos descriptivos coliformes fecales en la Subcuenca del Río de Oro.....	78
Tabla 16. Estadísticos descriptivos de DBO5 en la Subcuenca del Río de Oro.	80
Tabla 17. Estadísticos descriptivos del fósforo total en la Subcuenca del Río de Oro.....	81
Tabla 18. Estadísticos descriptivos de los nitratos en la Subcuenca del Río de Oro.	82
Tabla 19. Estadísticos descriptivos de los nitritos en la Subcuenca del Río de Oro.	83
Tabla 20. Estadísticos descriptivos de nitrógeno total Kjeldahl en la Subcuenca del Río de Oro.	84
Tabla 21. Estadísticos descriptivos del oxígeno disuelto en la Subcuenca del Río de Oro.....	85
Tabla 22. Estadísticos descriptivos de los valores de pH en la Subcuenca del Río de Oro.....	86

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales en la Subcuenca del Río de Oro.....	87
Tabla 24. Estadísticos descriptivos de las temperaturas del agua en la Subcuenca del Río de Oro.....	88
Tabla 25. Estadísticos descriptivos de la turbiedad en la Subcuenca del Río de Oro.....	88
Tabla 26. Matriz de Correlación Quebrada La Picha	89
Tabla 27. Matriz de Correlación Quebrada Chapinero.....	90
Tabla 28. Matriz de Correlación Quebrada Las Navas	91
Tabla 29. Matriz de Correlación Quebrada La Argelia	92
Tabla 30. Matriz de Correlación Quebrada Cuyamita	92
Tabla 31. Matriz de Correlación Quebrada Chimitá	93
Tabla 32. Matriz de Correlación Quebrada La Iglesia.....	93
Tabla 33. Matriz de Correlación Río Frío	94
Tabla 34. Matriz de Correlación Quebrada La Ruitoca	94
Tabla 35. Matriz de Correlación Río Lato	95
Tabla 36. Matriz de Correlación Quebrada Suratoque.....	95
Tabla 37. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de ROP	96
Tabla 38. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de RO4B	97
Tabla 39. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de RO4A	97
Tabla 40. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de RO01.....	98
Tabla 41. Coeficientes para las ecuaciones derivadas del ACP Río de Oro	99

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Fuentes de Contaminación Hídrica.....	23
Figura 2. Puntos de Descarga Alcantarillado CDMB	27
Figura 3. Proyecciones poblacionales casco urbano AMB 1995-2005	30
Figura 4. Distribución de la generación de aguas residuales industriales en el AMB.....	34
Figura 5. Localización de manzanas y puntos de vertimiento Parque Industrial Primera Etapa	35
Figura 6. Actividades del Parque Industrial Primera Etapa.....	36
Figura 7. Distribución porcentual manejo de aguas residuales industriales Parque Industrial Primera Etapa.	37
Figura 8. Red de Monitoreo de la Calidad del Agua Jurisdicción CDMB	41
Figura 9. Puntos de monitoreo de la Subcuenca del Río de Oro seleccionados para el estudio.	51
Figura 10. E. coli	53
Figura 11. Escala de pH	57
Figura 12. Estratificación térmica en el agua	59
Figura 13. Distribución de Áreas en % de la Subcuenca del Río Oro.....	63
Figura 14. Ubicación microcuencas del Río de Oro, usos del suelo y cobertura vegetal de de la Subcuenca del Río Oro.	64
Figura 15. Punto de monitoreo LP 01 – Quebrada La Picha	68
Figura 16. Punto de monitoreo CH01- Quebrada Chapinero.....	69
Figura 17. LN 01 – Quebrada Las Navas	70
Figura 18. Punto de monitoreo AR01 – Quebrada La Argelia.....	71
Figura 19. Punto de monitoreo CY01 – Quebrada Cuyamita.....	72
Figura 20. Punto de monitoreo CY01 –Quebrada Chimitá.....	73
Figura 21. Punto de monitoreo LI01- Quebrada Iglesia	74
Figura 22. Punto de monitoreo RF01 – Río Frío.....	75
Figura 23. Punto de monitoreo RO4B – Río de Oro después de los vertimientos del municipio de Piedecuesta.	76
Figura 24. Punto de monitoreo RO4A – Río de Oro antes de la confluencia con el Río Frío.....	76
Figura 25. Punto de monitoreo RO01- Río de Oro antes de la confluencia con el Río Suratá.....	77
Figura 26. Biplot ACP Quebrada la Picha - Primer Plano Factorial	101
Figura 27. Biplot ACP Quebrada Chapinero - Primer Plano Factorial.....	102
Figura 28. Biplot ACP Quebrada Las Navas- Primer Plano Factorial	104
Figura 29. Biplot ACP Quebrada La Argelia - Primer Plano Factorial	105

Figura 30. Biplot ACP Quebrada Cuyamita- Primer Plano Factorial	106
Figura 31. Biplot ACP Quebrada Chimitá - Primer Plano Factorial	108
Figura 32. Biplot ACP Quebrada La Iglesia - Primer Plano Factorial.....	109
Figura 33. Biplot ACP Río Frío- Primer Plano Factorial	110
Figura 34. Biplot ACP Quebrada La Ruitoca - Primer Plano Factorial	111
Figura 35. Biplot ACP Río Lato - Primer Plano Factorial	113
Figura 36. Biplot ACP Quebrada Suratoque - Primer Plano Factorial.....	114
Figura 37. Biplot ACP Río de Oro en ROP - Primer Plano Factorial.....	115
Figura 38. Biplot ACP Río de Oro en RO4B - Primer Plano Factorial.....	116
Figura 39. Biplot ACP Río de Oro en RO4A - Primer Plano Factorial.....	118
Figura 40. Biplot ACP Río de Oro en RO01 - Primer Plano Factorial	119

LISTA DE FOTOS

	pág.
Foto 1. Vista Aérea PTAR Río Frío.....	24
Foto 2. Quebrada Las Navas – Aguas arriba del Parque Industrial segunda etapa.	25
Foto 3. Quebrada Las Navas – A la altura del Parque Industrial segunda etapa. .	25
Foto 4. Quebrada La Cuyamita – Dentro del Parque Industrial primera etapa.	26
Foto 5. Quebrada Suratoque -Aguas debajo de los vertimientos de Piedecuesta.	28
Foto 6. Vertimiento PTAP - Piedecuestana de Servicios Públicos.....	29
Foto 7. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa Freskaleche y recibe aportes totales de las manzanas A y F y parcialmente de las manzanas B y G.	37
Foto 8. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la cafetería y recibe aportes total de la manzana H y parcialmente de las manzanas G, H, B y C.....	38
Foto 9. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la cancha y recibe aportes parciales de las manzanas C y D.....	38
Foto 10. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa MATLAB y recibe aportes parciales de las manzanas D y E.	38
Foto 11. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa MATLAB y descarga el efluente del pozo séptico de la empresa.	39
Foto 12. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa ALMACAFÉ y descarga el efluente del pozo séptico de la empresa.	39
Foto 13. Descarga Parque Industrial - Localizada algunos metros abajo del puente sobre la Cuyamita ubicado dentro del Parque y recibe aportes de la Manzana I y un sector de la Manzana J.....	39

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. SALIDAS DE SPAD – ACP SUBCUENCA RÍO DE ORO	128
---	-----

INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico superficial es de vital importancia para el ser humano, por ser elemento esencial para la vida en general, por esto los desarrollos urbanísticos giran alrededor de lugares con disponibilidad de este recurso. En el caso del Área Metropolitana de Bucaramanga AMB, se encuentra asentada sobre la Subcuenca del Río de Oro, conformada principalmente por las microcuencas: Río de Oro Bajo, Río Frío, Río de Oro Medio, Río Lato y Río de Oro Alto, las cuales abastecen al AMB y a su vez son el vertedero de sus aguas servidas.

La CDMB en ejercicio de su función como autoridad ambiental en la jurisdicción del AMB, realiza actividades de seguimiento y control de la calidad de las corrientes, como son el control de vertimientos en el AMB y monitoreo de calidad de las corrientes, para lo cual cuenta con una red de monitoreo establecida desde 1983.

Las mediciones de calidad del agua realizadas por la Red se usan para: fijar las metas de reducción de tasa retributiva en los diferentes tramos en donde existen usuarios de este instrumento econométrico, determinar anualmente el estado cada corriente, en relación con el Índice de Calidad del Agua ICA y mantenimiento de clase de fuente determinada con los parámetros del Estatuto Sanitario de la CDMB. La Red de Monitoreo cuenta con un amplio registro histórico de calidad del agua de la Subcuenca del Río de Oro, los cuales no han sido utilizados como masa de datos para la determinación de la evolución histórica de la Subcuenca o suministro de información relevante para estudios posteriores.

En consecuencia y teniendo en cuenta la importancia de la subcuenca para la región, la presente monografía plantea como determinar la evolución y estado del Río de Oro, mediante el uso de herramientas estadísticas multivariadas, específicamente el uso del Análisis de Componentes Principales ACP, que permita conocer el comportamiento histórico, así cómo descubrir factores ocultos que han originado dependencia entre los parámetros de calidad para diferentes corrientes que forman la subcuenca.

La presente monografía posee un valor agregado por convertirse en pionera a nivel latinoamericano, en la aplicación de ACP a corrientes hídricas superficiales.

La monografía se encuentra dividida en diferentes capítulos, los cuales pretenden brindar mayor entendimiento del Análisis de Componentes Principales de la Subcuenca del Río de Oro. A continuación se describen brevemente el contenido de cada uno de los capítulos.

En el Capítulo 1 contempla los aspectos generales para la contextualización del problema y del entorno del mismo. Inicialmente se encuentra la definición del problema, alcance y objetivos del estudio, posteriormente están las fuentes de contaminación de la Subcuenca del Río de Oro, la disposición de aguas residuales domésticas, industriales y pecuarios generadas en el AMB, el seguimiento a las corrientes dado como monitoreo de la calidad del agua en la jurisdicción de la CDMB y por último la legislación Ambiental Colombiana relacionada con Calidad de Agua.

El Capítulo 2 se relaciona con la metodología seguida para el desarrollo del estudio, consta de las generalidades metodológicas y la descripción de: los datos de estudio, población, muestra y variables seleccionadas para el análisis, así como la descripción de la técnica de estadística multivariada aplicada.

En el Capítulo 3 se describen las generalidades de la Subcuenca del Río de Oro, dadas en sus microcuencas: Río de Oro, Río de Oro Alto, Río de Oro Medio, Río Lato, Río Frío y Oro Bajo, y a su vez los puntos de monitoreo seleccionados para el estudio, como son: AR01, LP01, CH01, LN01, CY01, CA01, LI01, RF1A, LR02, LT01, SO01, ROP, RO01, RO4A y RO4B.

En el Capítulo 4 se presentan y analizan los resultados del análisis estadístico de la calidad del agua en la Subcuenca del Río de Oro. Este se encuentra dividido en tres análisis correspondientes a: Análisis de los estadísticos descriptivos de las variables, Análisis de correlación Subcuenca Río de Oro y Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro.

En el Capítulo 5 se muestran todas las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos en correlación con los objetivos del estudio.

El Capítulo 6 lo conforman las recomendaciones generadas a partir del desarrollo de la presente monografía. Finalmente, se muestra la bibliografía utilizada durante el trabajo de monográfica y se presenta como único anexo las salidas del software SPAD resultantes del ACP en la Subcuenca del Río de Oro.

1. ASPECTOS GENERALES

El Área Metropolitana de Bucaramanga AMB se encuentra constituida por los municipios: Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta.

El recurso hídrico superficial del AMB conforma la Subcuenca del Río de Oro, la cual cuenta con 12 afluentes principales, que durante el periodo de estudio (1983-2005), se han visto afectados en su calidad por el desarrollo urbanístico e industrial en el área, al constituirse en vertederos de aguas residuales derivadas de las actividades realizadas en el AMB.

El Análisis de Componentes Principales aplicado a los datos históricos de la calidad de la subcuenca, en el tramo desde el punto de monitoreo ROP hasta el punto de monitoreo RO01, permite saber cuales son parámetros que tienen mayor incidencia sobre las corrientes y cuales son las asociaciones entre los mismos, para pronosticar el origen de la contaminación en la fuente hídrica.

La evolución y estado del recurso hídrico superficial en el AMB mediante el Análisis de Componentes Principales de la Subcuenca Río de Oro, queda resumida en un conjunto de ecuaciones lineales, que explican un porcentaje significativo de la varianza total de los datos, pudiendo convertirse en indicadores que pueden ser insumo para análisis posteriores de datos de calidad del agua.

1.1 Definición del Problema

La Red de Calidad del Agua de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB, tiene un volumen considerable de datos para cada estación de monitoreo, almacenados en el Sistema Corporativo de la entidad. Esta base de datos cuenta con una frecuencia de muestra de baja variabilidad y resultados precisos, pues tienen resultados cada 15 días por punto, cuentan con personal calificado para las labores de toma de muestra y el laboratorio para el análisis de las muestras esta acreditado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia IDEAM.

La información es analizada año a año por la CDMB para la construcción de indicadores anuales de calidad, verificación del Índice de Calidad Ambiental ICA, usos del decreto 1594 y clase de corrientes según el Estatuto Sanitario, además

de servir de base para la fijación de metas de reducción de carga contaminante, en los tramos donde existen usuarios de la tasa retributiva, para finalmente buscar la reducción de cargas vertidas a las corrientes superficiales.

No obstante, la información total como conjunto de datos históricos de la Red no ha sido analizada ni procesada hasta el momento, motivo principal para la realización del presente trabajo, que pretende condensar la historia de las corrientes hídricas superficiales del área metropolitana, a través de la aplicación de métodos estadísticos multivariados, como herramienta para el hallazgo de nuevas variables que reflejen la memoria de la calidad del agua de las corrientes en estudio.

1.2 Alcance

El propósito general de la monografía es determinar la evolución y estado del recurso hídrico superficial en el Área Metropolitana de Bucaramanga, durante el período comprendido entre 1983 y 2005, mediante el uso de herramientas estadísticas que permitan el análisis histórico de los datos de calidad del agua, específicamente utilizando los siguientes 11 parámetros: coliformes fecales, demanda biológica de oxígeno a los 5 días, fósforo total, nitritos, nitratos, nitrógeno total Kjeldalh, oxígeno disuelto, pH, sólidos suspendidos totales, turbiedad y temperatura del agua, medidos en 15 puntos de interés para el estudio de caso, correspondientes a los puntos finales en cada uno de los afluentes del Río de Oro y los ubicados sobre el mismo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Determinar la evolución y estado del recurso hídrico superficial en el Área Metropolitana de Bucaramanga.

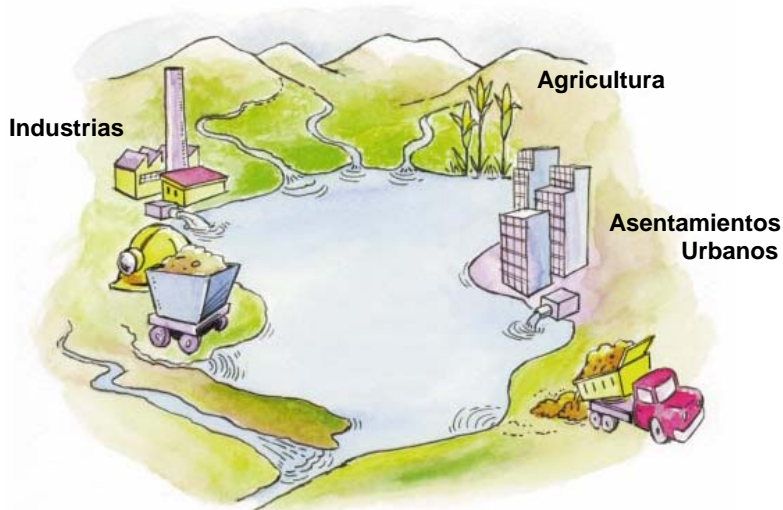
1.3.2 Objetivos Específicos

- Compilar y organizar información de calidad del recurso hídrico superficial, usos del suelo y censos del AMB.
- Realizar un análisis exploratorio de los datos de calidad tomados en los puntos de monitoreo final, de cada una de las corrientes afluentes al Río de Oro dentro del AMB.
- Efectuar análisis estadístico multivariado para cada punto final de monitoreo de cada corriente afluente al Río de Oro dentro del AMB.
- Analizar los resultados obtenidos del proceso estadístico.

1.4 Fuentes de Contaminación de la Subcuenca del Río de Oro

La Subcuenca del Río de Oro al igual que muchos de los cuerpos hídricos ubicados alrededor de diversas ciudades en el mundo, se ven afectados por los vertimientos de carácter líquido y sólido en menor proporción, derivados de actividades urbanas cotidianas, ya sean comerciales, institucionales o residenciales, y de labores industriales, agroindustriales, pecuarias, entre otras, construyendo entre si un escenario de depredación de cuenca, tal como se ilustra en la figura 1.

Figura 1. Fuentes de Contaminación Hídrica



Fuente: El Autor

En el AMB los cuerpos hídricos superficiales se impactan principalmente por la disposición de efluentes domésticos, industriales y pecuarios, los cuales son descritos de manera general en los siguientes puntos.

1.4.1 Disposición de aguas residuales domésticas del AMB

La contaminación de las corrientes superficiales del AMB pertenecientes a la Subcuenca del Río de Oro, se presenta principalmente por disposición directa de aguas residuales domésticas de los municipios: Bucaramanga, Girón y Piedecuesta, es decir sin tratamiento de las mismas, pues el único municipio que cuenta con planta de tratamiento es Floridablanca, cuyo sistema recibe el nombre de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Río Frío (foto 1), la cual recibe los aportes de 75 mil habitantes del sur del municipio de Bucaramanga y 250 mil de la totalidad de la población urbana del municipio de Floridablanca, aproximadamente el 35% del caudal total de aguas residuales de los tres municipios ($Q=0.7 \text{ m}^3/\text{s}$). (Fuente: Plan de Acción Trienal CDMB 2004-2006).

Foto 1. Vista Aérea PTAR Río Frío



Fuente: CDMB

No obstante, las empresas prestadoras del servicio público de alcantarillado de Bucaramanga, Girón y Piedecuesta, CDMB para los dos primeros municipios y Floridablanca y Piedecuestana de Servicios Públicos ESP para el último, han realizando obras que contribuyen al saneamiento del Río de Oro, receptor de las descargas del AMB.

La CDMB desde 1969 ha ejecutado el Plan Maestro de Alcantarillado PMA, como medida importante para el control de la erosión de la meseta y posteriormente (aproximadamente desde 1983) las actividades establecidas dentro del Plan Integral de Saneamiento Hídrico y Control Pluvial PISAB, formulado entre 1981 y 1982 y actualizado entre 1996 y 2001.

Es importante resaltar que con las estructuras de vertimiento (fotos No.2, 3 y 4) sobre la escarpa occidental de Bucaramanga, permiten la aeración del agua en grandes recorridos, logrando alguna reducción en carga e incremento del oxígeno disuelto en las corrientes.

El sistema de alcantarillado de los municipios Bucaramanga, Floridablanca y Girón, realiza 33 descargas a las diferentes corrientes localizadas dentro del AMB. Estas se encuentran distribuidas como lo muestra la figura 2, 11 vertimientos en zona norte de Bucaramanga, 12 alrededor de la quebrada la iglesia, 9 en el municipio de Girón y 1 en el municipio de Floridablanca sobre el Río Frío.

Foto 2. Quebrada Las Navas – Aguas arriba del Parque Industrial segunda etapa.



Fuente: CDMB

Foto 3. Quebrada Las Navas – A la altura del Parque Industrial segunda etapa.



Fuente: El autor

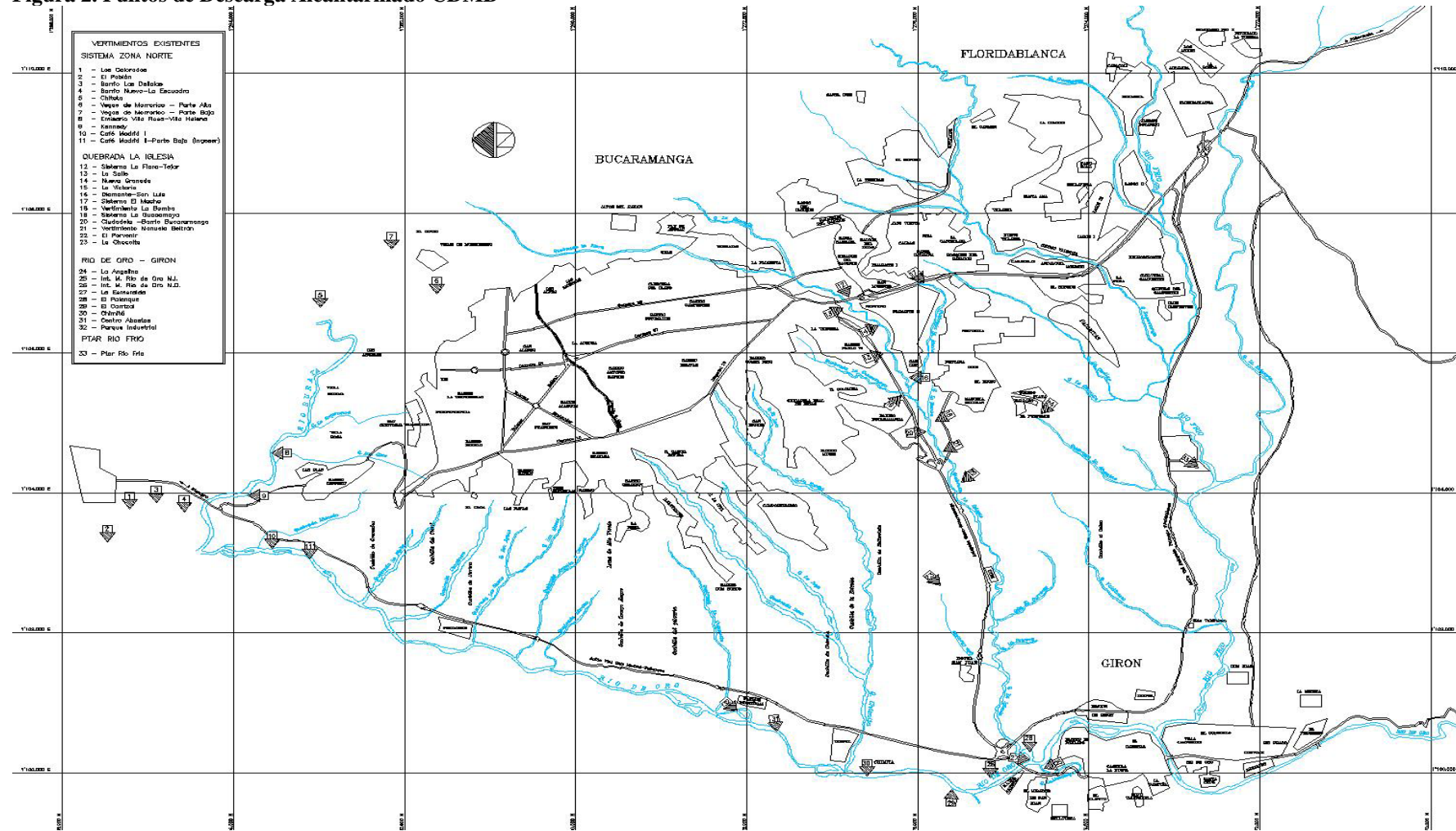
Foto 4. Quebrada La Cuyamita – Dentro del Parque Industrial primera etapa.



Fuente: El autor

Por su parte, el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga AMB realiza descargas a la Subcuenca del Río de Oro, quebrada La Flora (afluente de la Quebrada La iglesia) y Río Frío, procedentes de la limpieza y mantenimiento de las unidades de las Plantas de Tratamiento de Agua Potable denominadas: La Flora y Floridablanca, ubicadas en Bucaramanga y Floridablanca respectivamente. Estas descargas se caracterizan por su alto contenido de sólidos suspendidos totales.

Figura 2. Puntos de Descarga Alcantarillado CDMB



Fuente: CDMB

En cuanto al municipio de Piedecuesta la Empresa Piedecuestana de servicios Públicos, cuenta con los diseños del Sistema de tratamiento y los predios para la correspondiente construcción, alrededor de 15.7 Ha en sitio denominado “El Santuario”.

El alcantarillado de éste municipio realiza aproximadamente 7 descargas al Río de Oro, ubicadas en¹:

- Carrera 6 con calle 17
- Carrera 4 con calle 17
- Cerros del mediterráneo
- Los cisnes – Paseo del Puente
- Los tejaditos
- Quebrada Suratoque (ver foto 5)
- Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP – Sector La Colina (ver foto 6)

Las descargas de la PTAP de Piedecuesta al igual que las descargas del AMB, incrementan el contenido de sólidos suspendidos totales en la corriente receptora de la descarga.

Foto 5. Quebrada Suratoque -Aguas debajo de los vertimientos de Piedecuesta.



Fuente: El Autor

¹ <http://www.piedecuestanaesp.gov.co>

Foto 6. Vertimiento PTAP - Piedecuestana de Servicios Públicos.



Fuente: El Autor

- Crecimiento Poblacional en el AMB

El crecimiento poblacional del AMB tiene una gran incidencia en el aumento del caudal de aguas residuales domésticas vertido a las diferentes corrientes de la subcuenca en estudio. Según las proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE disponibles en su website², la tendencia en el crecimiento poblacional del AMB es positiva para todos los municipios, pues se presenta un aumento en el número de habitantes año a año (tabla 1), sin embargo los municipios de Bucaramanga y Floridablanca tienen un pendiente mayor en la recta (figura 3), indicando una tasa de crecimiento mayor a la de los demás municipios del AMB.

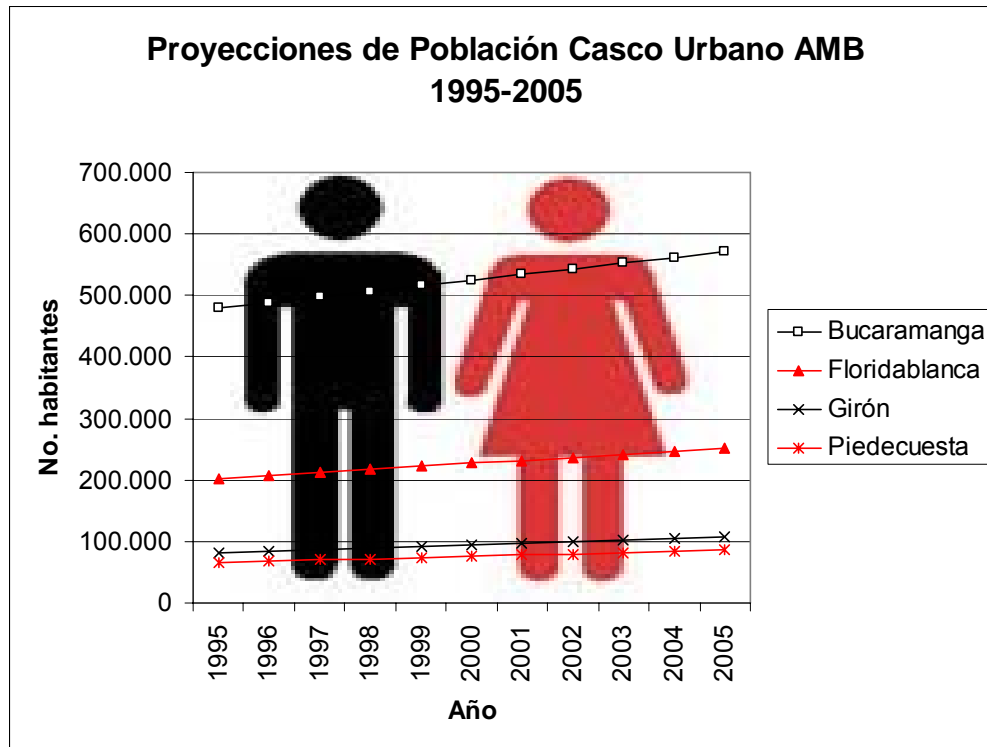
Tabla 1. Proyecciones Poblacionales AMB 1995 - 2005

Municipios	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Bucaramanga	478.593	487.654	496.835	506.135	515.555	524.906	534.294	543.657	553.046	562.340	571.458
Floridablanca	202.612	207.308	212.090	216.958	221.913	226.875	231.889	236.928	242.016	247.099	252.140
Girón	80.125	82.671	85.279	87.951	90.688	93.457	96.278	99.138	102.048	104.986	107.936
Piedecuesta	66.428	68.246	70.104	72.003	73.943	75.899	77.885	79.893	81.930	83.978	86.025

Fuente: DANE

² <http://www.dane.gov.co>

Figura 3. Proyecciones poblacionales casco urbano AMB 1995-2005



Fuente: El Autor

Lo anterior repercute de manera directa en la calidad de las corrientes, que se verán directamente afectadas por el aumento en la carga contaminante, derivada del aumento de caudal vertido por el incremento poblacional de los municipios del AMB.

1.4.2 Disposición de efluentes industriales

Las descargas industriales efectuadas a las corrientes superficiales dentro del AMB, en su mayoría se encuentran controladas o en proceso de seguimiento por parte de la CDMB, entidad que en ejercicio de su misión como autoridad ambiental, vela por el cumplimiento de las normas para vertimiento a un cuerpo de agua o alcantarillado, establecidas en los artículos 72, 73 y 74 del decreto 1594 de 1984 (Tabla 2, 3 y 4).

Tabla 2. Normas para Vertimiento a un Cuerpo de Agua – Artículo 72 del Decreto 1594 de 1984

PARÁMETRO		Norma Vertimiento Cuerpo de Agua	
		Usuario Existente	Usuario Nuevo
DBO5 (mg O2/L)	Residuos domésticos	≥ 30%*	≥ 80%*
	Residuos industriales	≥ 20%*	≥ 80%*
Aceites y grasas (mg/L)		≥ 80%*	
Sólidos suspendidos (mg/L)		≥ 50%*	≥ 80%*
pH (Und de pH)		5 a 9	
Temperatura (°C)		≤ 40	
Material Flotante		Ausente	

* Porcentaje de remoción en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Modificado por El Autor

Tabla 3. Normas para Vertimiento al Alcantarillado Público - Artículo 73 del Decreto 1594 de 1984.

PARÁMETRO		Norma Vertimiento Alcantarillado Público	
		Usuario Existente	Usuario Nuevo
DBO5 (mg O2/L)	Residuos domésticos	≥ 30%*	≥ 80%*
	Residuos industriales	≥ 20%*	≥ 80%*
Aceites y grasas (mg/L)		≤ 100	
Sólidos suspendidos (mg/L)		≥ 50%*	≥ 80%*
Sólidos sedimentables (ml/L/h)		≤ 10	
pH (Und de pH)		5 a 9	
Temperatura (°C)		≤ 40	
Ácidos, bases o soluciones ácidas o básicas que, puedan causar contaminación; sustancias explosivas o inflamables		Ausentes	
Caudal Máximo (LPS)		1.5 veces el caudal promedio horario	

* Porcentaje de remoción en carga

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Modificado por El Autor

Tabla 4. Concentraciones para el Control de la Carga de Sustancias de Interés Sanitario - Artículo 74 del Decreto 1594 de 1984.

Sustancia	Expresada como	Concentración (mg/l)
Arsénico	As	0.5
Bario	Ba	5.0
Cadmio	Cd	0.1
Cobre	Cu	3.0
Cromo	Cr+6	0.5
Compuestos fenólicos	Fenol	0.2
Mercurio	Hg	0.02
Níquel	Ni	2.0
Plata	Ag	0.5
Plomo	Pb	0.5
Selenio	Se	0.5
Cianuro	CN-	1.0
Difenil policlorados	Concentración de agente activo	No detectable
Mercurio orgánico	Hg	No detectable
Tricloroetileno	Tricloroetileno	1.0
Cloroformo	Extracto carbón Cloroformo (ECC)	1.0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	1.0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	1.0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	1.0
Otros compuestos organoclorados, Cada variedad	Concentración agente activo	0.05
Compuestos organofosforados, Cada variedad	Concentración agente activo	0.1
Carbamatos		0.1

Fuente: Decreto 1594 de 1984.

Pese a que todas las empresas están obligadas al cumplimiento de las normas mencionadas anteriormente, son varios los casos de establecimientos que aún no cuentan con permiso de vertimientos; autorización dada por la Autoridad Ambiental para descargar a un cuerpo receptor, en virtud al constante acatamiento de las normas. Por otra parte, algunos de los establecimientos que cuentan con el debido permiso, vierten grandes cargas contaminantes a las corrientes superficiales del AMB.

Lo anterior a causa de que las normas de vertimiento Colombianas, reguladas por el decreto 1594 de 1984, establecen para todo vertimiento a un cuerpo de agua o alcantarillado público en calidad de usuario nuevo (posterior a la entrada en vigencia del decreto) o existente (antes de la entrada en vigencia del decreto), la remoción en carga de Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días DBO5, Sólidos Suspendidos Totales SST y Grasas y aceites (en el caso de verter a un cuerpo de agua) y no concentraciones específicas o límites máximos permisibles, como en el caso de sustancias de interés sanitario, en consecuencia aunque la industria cuente con un sistema de tratamiento que

permita remociones altas, 90% o más, deteriora significativamente la calidad del cuerpo receptor.

El control de vertimientos industriales dentro del AMB se encuentra a cargo de la Coordinación de Seguimiento y Monitoreo Ambiental de la CDMB y hace parte integral del Plan de Acción Trienal PAT de la entidad, específicamente pertenece al programa denominado “Control de Vertimientos y Monitoreo de la Calidad de las Corrientes en Área de Jurisdicción de la CDMB”.

- Inventario de Industrias generadoras de vertimientos ubicadas en el AMB
El AMB cuenta con un total de 452 establecimientos generadores de aguas residuales industriales, según la base de datos de vertimientos de la CDMB, los cuales se encuentran distribuidos por municipio tal como se muestra en la tabla 5 y lo indica la figura 4.

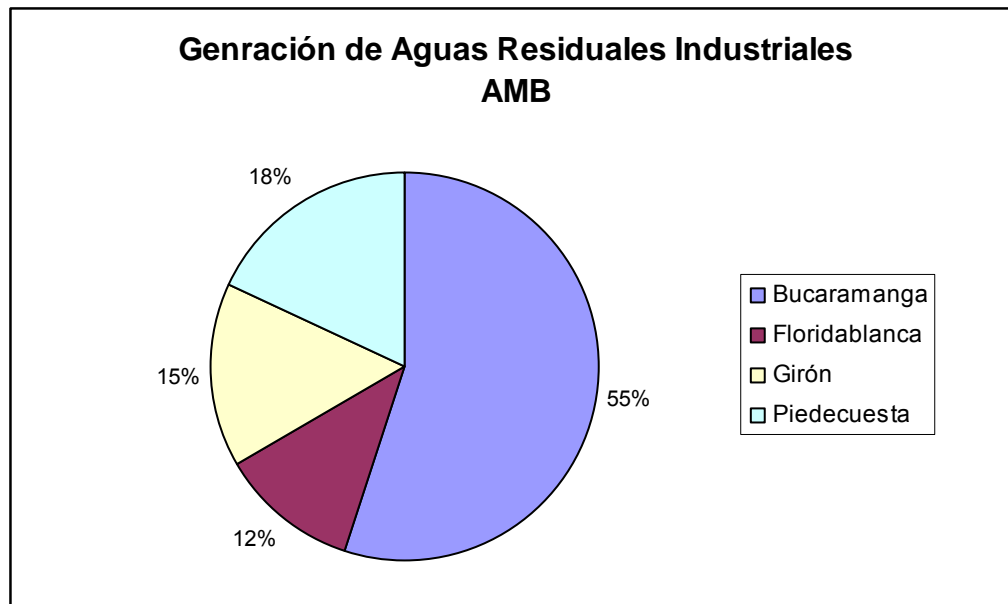
Tabla 5. Establecimientos generadores de aguas residuales dentro del AMB.

Municipio	Industrias	Lavaderos	Estaciones de Servicio	Total
Bucaramanga	151	82	15	248
Floridablanca	37	7	9	53
Girón	51	14	4	69
Piedecuesta	54	25	3	82

Fuente: Base de datos vertimientos CDMB

En los 452 establecimientos se encuentran incluidos los lavaderos y estaciones de servicio con lavadero, de tal forma que la actividad netamente industrial estaría representada por un total de 159 empresas, entre las actividades más importantes están: fabricación de bebidas gaseosas y bebidas alcohólicas, elaboración de leche y productos lácteos, cementeras y concreteras, curtiembres, tintorerías, plantas de beneficio, plantas de incubación, salsamentarías, entre otros. De cualquier manera se mantiene el porcentaje de distribución en la generación de aguas residuales industriales (ver figura X).

Figura 4. Distribución de la generación de aguas residuales industriales en el AMB.

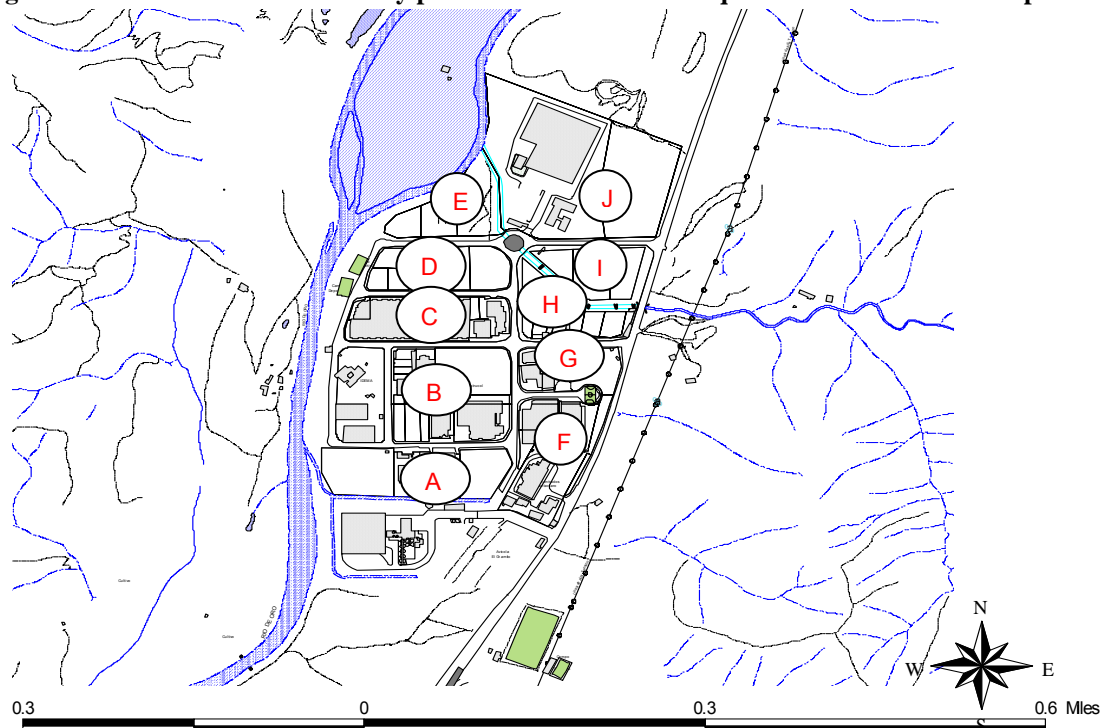


Fuente: El Autor

Bucaramanga cuenta con el mayor porcentaje en el asentamiento de industrias, por ende a continuación se describe una de las zonas de mayor importancia, pues en la misma se encuentran ubicadas las principales empresas de Bucaramanga.

El Parque Industrial de Bucaramanga inicio sus actividades desde el año 1989, se encuentra constituido por 10 manzanas (ver figura 5) en las que existen aproximadamente 46 empresas, dedicadas a actividades de tipo comercial e industrial.

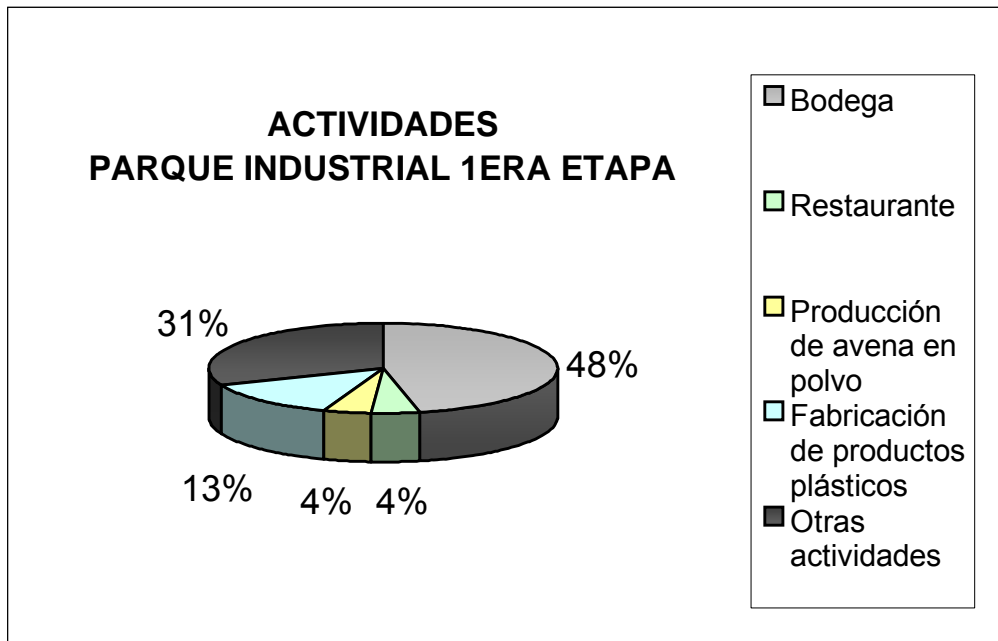
Figura 5. Localización de manzanas y puntos de vertimiento Parque Industrial Primera Etapa



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial. Modificador por El Autor.

La mayoría de los establecimientos ubicados dentro del parque industrial realizan actividades de almacenamiento y comercialización de productos en bodegas, equivalente al 48% (21 establecimientos), seguidamente con 31% (14 establecimientos) están actividades varias como: Trilladora de café, fabricación o elaboración de: pegantes, velas, licores aperitivos, calzado, estantería metálica, insecticidas, implantes médicos, maquinaria agroindustrial, hidrosolta, vidrios, pulpa de fruta, leche y derivados de la leche, piezas forjadas y productos eléctricos, el 13% (6 establecimientos) corresponden a empresas de elaboración de productos plásticos, y por último con el 4% (2 establecimientos) producción de avena en polvo y restaurante. La siguiente figura muestra la distribución de actividades en el parque industrial.

Figura 6. Actividades del Parque Industrial Primera Etapa.

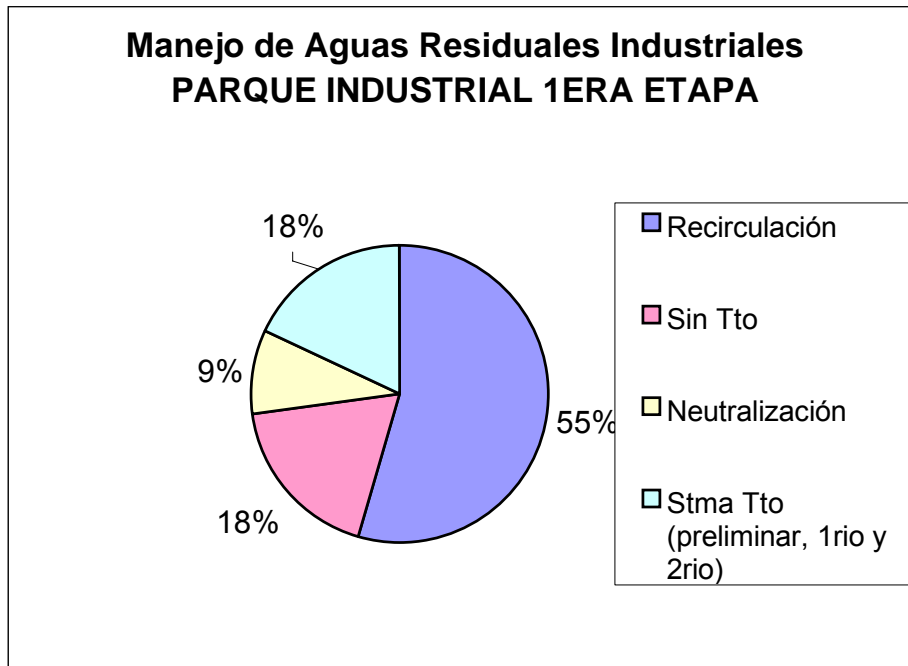


Fuente: El Autor

La mayor parte de las empresas, correspondiente al 73% (33 empresas) generan únicamente agua residual de carácter doméstico y solo el 27% (11 empresas) produce aguas residuales de carácter industrial, más adelante se muestra la gráfica que ilustra la anterior distribución.

Las aguas residuales domésticas generadas por el Parque Industrial Primera Etapa son vertidas directamente al Río de Oro, es decir que no son tratadas mediante ningún sistema de depuración. En relación con el manejo de las residuales industriales (ver figura 7), se tiene que más de la mitad de los establecimientos, que generan este tipo agua realizan recirculación; equivalente al 55% (6 empresas), logrando reducir sus descargas básicamente a domésticas. Sin embargo estas empresas realizan eventualmente vertimientos cuando renuevan el agua a recircular, 27% (3 empresas) de los establecimientos no realizan algún tipo de tratamiento al agua residual industrial, 18% (2 empresas) de las industrias realizan tratamiento preliminar, primario y secundario y finalmente el 9% (1 empresa) neutraliza los efluentes antes de descargarlos.

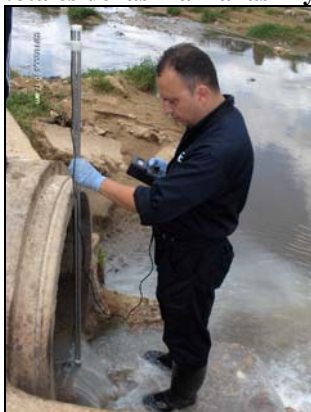
Figura 7. Distribución porcentual manejo de aguas residuales industriales Parque Industrial Primera Etapa.



Fuente: El Autor

El Parque industrial primera etapa cuenta con alcantarillado sanitario y pluvial independiente, sin embargo éstos se unen antes de realizar la respectiva descarga al cuerpo receptor; Río de Oro. Existe un total de 10 descargas de las cuales 7 se consideran relevantes por el aporte realizado, por lo cual se detallan en las siguientes fotografías.

Foto 7. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa Freskaleche y recibe aportes totales de las manzanas A y F y parcialmente de las manzanas B y G.



Fuente: El Autor

Foto 8. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la cafetería y recibe aportes total de la manzana H y parcialmente de las manzanas G, H, B y C.



Fuente: El Autor

Foto 9. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la cancha y recibe aportes parciales de las manzanas C y D.



Fuente: El Autor

Foto 10. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa MATLAB y recibe aportes parciales de las manzanas D y E.



Fuente: El Autor

Foto 11. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa MATLAB y descarga el efluente del pozo séptico de la empresa.



Fuente: El Autor

Foto 12. Descarga Parque Industrial - Localizada detrás de la empresa ALMACAFÉ y descarga el efluente del pozo séptico de la empresa.



Fuente: El Autor

Foto 13. Descarga Parque Industrial - Localizada algunos metros abajo del puente sobre la Cuyamita ubicado dentro del Parque y recibe aportes de la Manzana I y un sector de la Manzana J.
Fuente: El Autor



1.4.3 Disposición de efluentes Pecuarios

La contaminación por disposición de efluentes pecuarios en el AMB, proviene principalmente de la actividad porcícola, asentada en su mayoría en la Mesa de Ruitoque perteneciente al municipio de Piedecuesta, cuyas descargas derivadas del lavado de camas son vertidas muchas veces sin tratamiento previo a la Quebrada La Ruitoca. Estos vertimientos contribuyen con el aumento de materia orgánica, nitrógeno orgánico y sólidos suspendidos totales en la corriente receptora.

Actualmente, la CDMB adelanta la exigencia de Planes de Manejo Ambiental al subsector porcícola, por un convenio realizado con la Asociación Colombiana de Porcicultores ACP, cuyo fin es minimizar los impactos causados por esta actividad, por ejemplo en materia de vertimientos se busca reducir las descargas directas, mediante el su uso como fertilizante previo a un tratamiento.

1.5 Monitoreo de la Calidad del Agua en la jurisdicción de la CDMB

El programa “Control de Vertimientos y Monitoreo de la Calidad de las Corrientes en Área de Jurisdicción de la CDMB” contempla de manera adicional al control de vertimientos, el seguimiento a la calidad de las corrientes del AMB, con el objeto principal de identificar la contribución de los diferentes actores o usuarios que descargan a los cuerpos hídricos, y analizar los problemas de contaminación para establecer estrategias diseccionadas a la reducción de cargas y mejoramiento de la calidad de las corrientes.

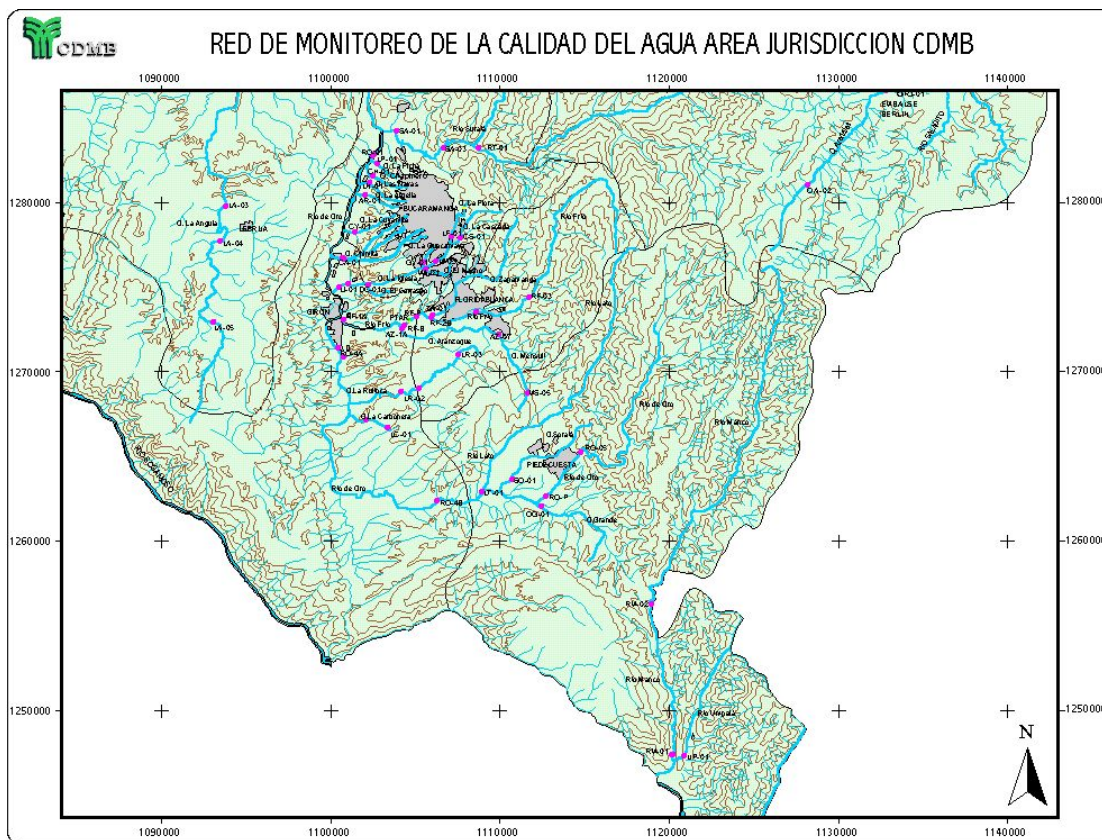
El monitoreo de las corrientes se realiza desde el 1983 en aproximadamente 46 puntos constantes hasta el año 2005, constituyendo la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua, en este periodo se han presentado algunos cambios leves pero la distribución se mantiene por corriente como se muestra en la tabla 6 y en la figura 8. No obstante, a partir del 2006 con la asesoría del IDEAM se reevaluó la ubicación de todos los puntos de la red.

Tabla 6. Punto de monitoreo de Calidad de Agua CDMB

No.	Corriente	No. de Estaciones
1	Río de Oro	24
2	Río Frío	8
3	Río Lebrija	6
4	Río Salamaga	3
5	Río Negro	2
6	Río Suratá	3

Fuente: El Autor

Figura 8. Red de Monitoreo de la Calidad del Agua Jurisdicción CDMB



Fuente: CDMB

El muestreo para cada uno de los puntos se realiza de manera puntual e integrada a lo largo del cause de la corriente, con una frecuencia mensual en la mayoría de los casos y bimensual para los lugares de difícil acceso. En campo se mide: temperatura ambiente, temperatura del agua, caudal (con molinete o lectura limnimétrica) y pH.

La muestra recolectada por funcionarios de la CDMB es transportada al Laboratorio de Aguas y Suelos de la entidad, para el análisis de los siguientes parámetros en todos los puntos: Demanda Biológica de Oxígeno DBO5, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales SST, Nitrógeno Total Kjeldahl, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos, Nitratos, Fósforo total, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Coliformes Totales y Coliformes Fecales y los siguientes para algunos puntos en especial: tensoactivos, grasas y aceites, mercurio y cianuro.

La CDMB realiza el seguimiento a la calidad del agua aplicando los resultados de monitoreo para el cálculo del Índice de calidad del Agua ICA.

El índice de Calidad del Agua usado por la CDMB fue desarrollado por la National Sanitation Foundation y se determina a partir de 9 parámetros que son el Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Totales, Turbiedad, Coliformes Fecales, pH y Temperatura, a los cuales se les asigna un valor que se extrae de la gráfica de calidad respectiva, el cual esta en un rango de 0-100.

El Índice de Calidad del Agua ICA es calculado como la multiplicación de todos los nueve parámetros elevados a un valor atribuido en función de la importancia del parámetro, así:

$$I.C.A. = \prod_{i=1}^n C_i^{w_i}$$

Donde:






ICA: Índice de Calidad del Agua, un número entre 0 y 100, adimensional.

Ci: Calidad del iésimo parámetro, un número entre 0 y 100, obtenido del respectivo gráfico de calidad, en función de su concentración o medida.

wi : Valor ponderado correspondiente al iésimo parámetro, atribuido en función de la importancia de ese parámetro para la conformación global de la calidad, un número entre 0 y 1. La sumatoria de valores wi es igual a 1, siendo i el número de parámetros que entran en el cálculo.

La relación entre el valor del ICA calculado y la clasificación del agua se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Intervalos de Calidad

Intervalo	Calidad	Color
80-100	Optima	
52-79	Buena	
37-51	Dudosa	
20-36	Inadecuada	
0-19	Pésima	

Fuente: CDMB

Los anteriores parámetros son medidos para evaluar en los diferentes puntos el Índice de Calidad de Agua ICA de la CDMB, comparar los resultados con los estándares establecidos en el decreto 1594 de 1984 para usos de las corrientes y determinación del tipo de corriente según el Estatuto Sanitario de la CDMB.

1.6 Legislación Ambiental Colombiana relacionada con Calidad de Agua

Los estándares de calidad del agua se establecen para mantener usos adecuados del agua y para asegurar principalmente no causar daño o afectaciones a la salud humana.

En Colombia las normas de calidad para fuentes de agua y para realizar vertimientos a las mismas, se establecen en el decreto 1594. Por otra parte, a nivel regional y en lo que respecta a la CDMB, pues la subcuenca en estudio se encuentra dentro la jurisdicción de esta corporación, las normas se establecen en el Estatuto Sanitario, que más restrictivo que la norma nacional mencionada.

1.6.1 Decreto 1594 de 1984

En Colombia La calidad del agua está normada de acuerdo con los usos o destinación de la corriente y se encuentran definidas en el decreto 1594 de 1984, en la siguiente tabla se condensan los usos de mayor importancia y expresan los límites máximos permisibles para los parámetros en estudio en la presente monografía.

Tabla 8. Criterios de Calidad para diferentes destinaciones del Recurso Hídrico según Decreto 1594 de 1984.

Parámetro / Artículo	Criterios de Calidad Admisibles para Destinación del Recurso Hídrico Decreto 1594 de 1984				
	Consumo humano Indicando que requieren para su potabilización		Uso Agrícola	Recreativo	
	Tratamiento Convencional	Desinfección		Contacto Primario	Contacto Secundario
	38	39	40	42	43
pH, unidades	5,0-9,0	6,5-8,5	4,5-9,0	5,0-9,0	5,0-9,0
Turbiedad NTU	...	0,53	...	...	...
Oxígeno Disuelto	...	...		70% nivel de saturación	70% nivel de saturación
DBO5 mg/L	0-2 mg/L	Cercano a cero	...	...	...
Nitratos	10	10	...	En proporciones que no causen eutroficación	En proporciones que no causen eutroficación
Nitritos	1	1	...	En proporciones que no causen eutroficación	En proporciones que no causen eutroficación
Fósforo	...	...	...	En proporciones que no causen eutroficación	En proporciones que no causen eutroficación
Coliformes totales NMP/100ml	20,000	1000	<5.000	1,000	5000
Coliformes fecales NMP/100ml	2,000	...	<1000	200	...

Fuente: Decreto 1594 de 1984. Modificado por El Autor

1.6.2 Estatuto Sanitario

El Estatuto Sanitario fue expedido mediante Acuerdo 278 de 1984 de la Junta Directiva de la CDMB y en el mismo se establece la clasificación de las corrientes según algunas características de calidad en las mismas. Las clases se definen en:

- Clase 1: Son las aguas que reúnen las siguientes características de calidad mínima.
 - a) Oxígeno disuelto mayor del 75% de saturación.
 - b) DBO5 menor de 4.0 mg/L.
 - c) pH en la gama de 6.5 a 8.5 unidades.
 - d) Compuestos fenólicos en concentraciones menores de 0.002 mg/L.

- e) Cloruros en concentraciones menores de 250 mg/L.
- f) Coliformes fecales como NMP/100 ml menores de 100.
- g) No existen en cantidades detectables sólidos flotantes, sólidos sedimentables, grasas, aceites, depósitos de lodos, espumas y sustancias que generen color, olor o sabor, atribuibles o provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales o de actividades mineras.
- h) No existen tóxicos, radioisótopos, metales pesados o elementos en concentraciones tales que afecten la fauna acuática o que hagan inseguras o inadecuadas las aguas para el consumo humano, o para las actividades que impliquen contacto con el agua o el desarrollo de complejos agropecuarios.
- i) Los cambios en temperatura de las corrientes no deben exceder de 3°C inmediatamente después de la zona de mezcla como consecuencia del efecto de descargas de origen industrial, doméstico o de plantas termoeléctricas.

Las aguas que por mantener las características anteriores pertenezcan a la Clase 1, pueden destinarse a los siguientes usos:

1. Consumo humano y doméstico que comprende:

- a) Fabricación o procesamiento de alimentos en general y en especial los destinados a su comercialización o distribución;
- b) Bebida directa y preparación de alimentos para consumo inmediato;
- c) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales utensilios;
- d) Fabricación o procesamiento de drogas, medicamentos, cosméticos, aditivos y productos similares.

Para estos usos se requiere previa desinfección.

2. Recreación por contacto.

3. Cualquier otro uso con o sin tratamiento.

▪ Clase 2: Son las aguas que reúnen las siguientes características generales y específicas.

- a) Oxígeno disuelto con concentración de saturación mínima de 70%.
- b) DBO₅ en la gama de 5 a 10 mg/l.
- c) pH en la gama de 6 a 8.5 unidades.
- d) Coliformes totales como NMP/100 ml menores de 10.000.
- e) No existen sólidos flotantes, sólidos sedimentables, grasas, aceites, depósitos de lodos y sustancias que generen color u olor, atribuibles o provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales o actividades mineras.
- f) No deben existir tóxicos radioisótopos, metales pesados o sustancias irritantes en concentraciones tales que representen riesgo para la vida íctica,

el desarrollo de actividades que impliquen contacto con el agua, o su potabilización si es el caso.

- g) Los cambios en temperatura de las corrientes no exceden de un rango de 3°C, inmediatamente después de la zona de mezcla, como consecuencia del efecto de descargas de origen industrial, doméstico o de plantas termoeléctricas.
- Clase 3: Son las aguas que reúnen las siguientes características de calidad mínima.
 - a) Oxígeno disuelto en la gama de 60 a 70% de saturación;
 - b) DBO₅ en la gama de 10 a 30 mg/l;
 - c) pH en la gama de 6.0 a 8.5 unidades;
 - d) No existen sólidos flotantes, sólidos sedimentables, grasas, aceites, depósitos de lodo y sustancias que generen color u olor, atribuibles o provenientes de descargas de aguas residuales domésticas, industriales o de actividades mineras;
 - e) No existen tóxicos o metales pesados en concentraciones tales que representen un riesgo para la vida íctica y otros usos aguas abajo;
 - f) Los cambios de temperatura de las corrientes no exceden un rango de 3°C como consecuencia del efecto de descargas de origen industrial, doméstico o de plantas termoeléctricas.

Las aguas que por mantener las características anteriores pertenecen a la Clase 3, pueden destinarse a los siguientes usos: agrícolas y pecuarios con restricciones, y ciertos usos industriales.

Los usos agrícolas y pecuarios del recurso hídrico estarán en concordancia con los criterios de calidad respectivos especificados para las aguas de Clase 2.

Estas aguas son totalmente inadecuadas para consumo humano, procesamiento de alimentos y actividades que impliquen contacto con el agua.

- Clase 4: Son las aguas que presentan cualquiera de las condiciones siguientes:
 - a) Oxígeno disuelto en % de saturación menor de 60.
 - b) DBO₅ mayor de 30 mg/l
 - c) Sólidos flotantes, grasas, aceites, olores y colores en magnitud apreciable.
 - d) Sustancias tóxicas o metales pesados en concentraciones apreciables.

Las aguas que por mantener las características anteriores pertenezcan a la Clase 4 se encuentran altamente degradadas y el único uso recomendado es la recepción de vertimientos y asimilación de aguas servidas. El manejo del

recurso debe evitar que estos cuerpos de agua sean factor perturbador del paisaje o de la calidad ambiental a nivel urbano.

La siguiente tabla se resumen los criterios de calidad por cada Clase establecida en el Estatuto Sanitario.

Tabla 9. Resumen Parámetros de Clasificación de las Corrientes del Estatuto Sanitario de la CDMB

Clase	Usos	OD Mg/l	OD%		DBO ₅ Mg/l		pH		Coliforme s Totales NMP/ 100 ml	Coliforme s Fecales NMP/ 100 ml
			Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx		
Clase 1	Consumo Humano con tratamiento sólo desinfección Recreación.		>75			4	6.5	8.5		100
Clase 2			70	75	5	10	6	8.5	<10,000	
	para consumo humano Tratamiento convencional	>5				6				<1,000
	uso por contacto			70			5	9	1,000	<200
	contacto secundario			70			5	9	5000	
Clase 3	Agrícolas y Pecuarios con restricciones.						4.5	9	5000	1,000
	Ciertos usos industriales.		60	70	10	30	6	8.5		
Clase 4	Recepción de vertimientos y asimilación de aguas servidas			60	>30					

Fuente: CDMB

2. Metodología

El punto de partida es la solicitud de los datos históricos de la Red de Calidad de Agua a la Subdirección de Planeación y Sistemas de la CDMB, seguidamente la preparación de los datos para hacerlos accesibles a cualquier técnica estadística, posteriormente se efectuó un trabajo de campo en el que se reconocieron los puntos de monitoreo y se identificaron las fuentes de contaminación de las corrientes en estudio, seguidamente se procedió a la aplicación del método estadístico multivariado empleando un software especializado y finalmente se realiza el análisis de los resultados que permitirá determinar las conclusiones del estudio.

- Solicitud de los datos históricos de la Red de Calidad de Agua a la Subdirección de Planeación y Sistemas de la CDMB.

La gestión para la obtención de los datos históricos de la Red con la Subdirección de Planeación y Sistemas de la CDMB, administradora del sistema corporativo y del sistema de información geográfica de la entidad, se realizó por intermedio de la Subdirección de Normatización y Calidad Ambiental, a la cual pertenece la Coordinación de Seguimiento y Monitoreo, encargada de la Red de Calidad de Agua de la jurisdicción de la Corporación, por ser los principales interesados en los resultados del presente estudio.

Los datos suministrados por la Subdirección de Planeación y Sistemas fueron descargados desde la base de datos del sistema corporativo a una hoja de cálculo Excel, mediante consultas realizadas al sistema por parte del ingeniero encargado. El archivo entregado contenía cuatro columnas correspondientes a: fecha del muestreo, punto monitoreado, parámetro medido y valor del parámetro y total de 50.097 filas con toda la información necesaria para iniciar el estudio de caso.

- Preparación de los datos para hacerlos accesibles a cualquier técnica estadística.

El alistamiento de los datos es un paso fundamental y esta en concordancia con la forma de incorporar los mismos al software estadístico. La manera de ingreso que brinda mayor facilidad y rapidez es la importación de los datos desde un archivo de Excel, por lo cual se separaron los datos por punto de monitoreo en estudio, es decir que cada punto se encontraba en un archivo independiente, además se efectuó una codificación de los parámetros, para mayor facilidad en la aplicación del software.

Por otra parte, dentro de este paso se realizó una transformación de variables para la obtención del valor de Nitrógeno total Kjeldahl en fechas anteriores al año 2003, pues la medición de este parámetro en laboratorio se viene realizando desde entonces, para esto se sumaron los valores de nitrógeno orgánico y amoniacal medidos desde 1983, encontrados en una misma fecha de muestreo.

En esta etapa de organización no se eliminaron datos ni variables o parámetros de estudio, pues los casos atípicos o outliers son importantes pues representan situaciones donde ocurren eventos de contaminación puntual de origen natural o antrópico. A su vez, no se hallaron datos ausentes o missing que pudiesen causar algún impacto potencial por tener representatividad de los datos analizados.

Finalmente, se almacenó la matriz de datos para cada punto en un archivo independiente.

- Aplicación del método estadístico multivariado empleando un software especializado.

El análisis estadístico se efectúa para obtener una descripción estadística de la masa de datos, así como conocer las interrelaciones entre los parámetros de calidad o variables de estudio, en cada afluente del Río de Oro y en los puntos de monitoreo ubicados sobre el mismo.

El Análisis de Componentes Principales ACP permite realizar análisis exploratorio de los datos y encontrar nuevas variables que logran reducir dimensionalmente el problema, conteniendo en las mismas la mayor parte de la variabilidad del conjunto inicial, y de esta manera facilitar la interpretación de la información contenida en las matrices de datos de las corrientes hídricas.

Lo anterior sugiere el uso de dicha técnica estática multivariada en el análisis de los datos históricos de calidad de las fuentes hídricas del AMB.

En el mercado existen diversos paquetes estadísticos o conjuntos de programas que emplean la técnica de ACP, los más utilizados en el mundo son: SAS, BMDP, SPSS, SYSTAT, STATISTICA, STATA, SPAD y últimamente MINITAB, S-PLUS, EVIEWS, STATGRAPHICS y MATLAB.

Para la aplicación del ACP en los datos de estudio se usó una versión libre del software francés SPAD (Système Portable pour l'Analyse de Données), disponible en Internet.

Para el caso de estudio se aplicó ACP sobre la matriz de correlación en lugar de la matriz de covarianza, teniendo en cuenta que la escala de medición entre los parámetros de estudio es distinta, de esta manera se realiza una transformación de datos, que se consigue restándoles su media y dividiéndoles por su desviación típica, permitiendo una comparación entre si mismas.

- **Análisis de los resultados del ACP**

Primero se realizó la interpretación de los estadísticos descriptivos por cada parámetro de calidad o variable medida, seguidamente se analizó la matriz de correlación de cada afluente del Río de Oro y la de los puntos a lo largo de la misma, para finalmente efectuar la interpretación del ACP mediante el análisis gráfico del biplot con el primer plano factorial del ACP para cada toda la muestra seleccionada.

Para la interpretación del ACP solo se tomó el primer plano factorial, correspondiente a las dos primeras componentes explicadas para cada punto de monitoreo, a fin de facilitar la interpretación de las nuevas variables obtenidas, además porque la observación y explicación de tres dimensiones en adelante es realmente complicada.

2.1 Descripción de los Datos en Estudio

Se realiza descripción de la población en estudio, de la muestra seleccionada y de las variables usadas para el análisis estadístico de la Subcuenca del Río de Oro.

2.1.1 Descripción de la población

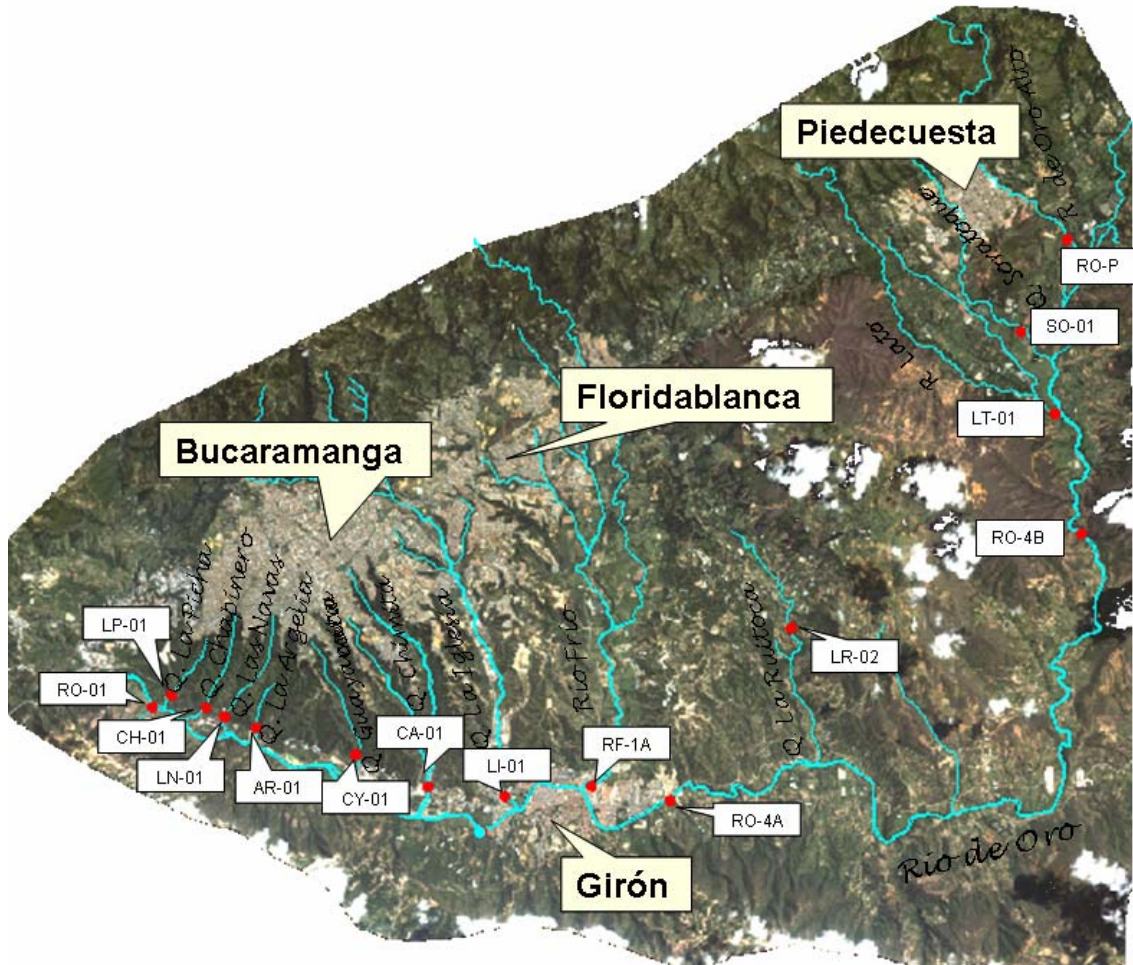
La población de estudio se encuentra conformada por todas las corrientes hídricas superficiales ubicadas dentro del AMB, es decir las pertenecientes a la Subcuenca del Río de Oro. Al determinar la población estadística se tiene que está constituida por los 32 puntos de monitoreo de la calidad del agua, ubicados a lo largo de la subcuenca, componente principal de la Red de Calidad del Agua establecida en la jurisdicción de la CDMB.

2.1.2 Descripción de la muestra

Para efectos de facilidad en el manejo de los datos y aplicación de la técnica estadística, se extrajo una muestra de la población estadística en estudio, para lo cual se realizó una selección de puntos de monitoreo, teniendo en cuenta que contengan la mayor representatividad de cada afluente del Río de Oro, por lo que en cada corriente se optó por el punto anterior a la desembocadura al Río de Oro, obteniendo de este modo 11 puntos que sumados a los 4 puntos ubicados a lo largo de dicho Río, que constituyen una muestra de 15 puntos tal como se muestra la figura 9.

Los puntos ubicados en la escarpa occidental de Bucaramanga correspondientes a los afluentes: Quebrada La Picha, Quebrada Champinero, Quebrada Las Navas, Quebrada Argelia y Quebrada Cuyamita, se comenzaron a monitorear a partir de año 2000 y pese a que no cuenta con datos desde 1983, se incluyen dentro de la muestra por contribuir con importantes aportes de aguas residuales al Río de Oro.

Figura 9. Puntos de monitoreo de la Subcuenca del Río de Oro seleccionados para el estudio.



Fuente: Imagen Satelital CDMB - El Autor

2.1.3 Descripción de las variables

Las variables son las características que se desean estudiar de la población y que se pueden observar a través de la muestra. En el presente estudio los parámetros de calidad del agua medidos en campo y en el laboratorio, conforman las variables en el estudio de caso.

Los parámetros de calidad medidos por el programa de monitoreo de corrientes de la CDMB son: DBO5, Sólidos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Nitrógeno Total Kjeldalh, Nitrógeno Orgánico, Nitrógeno Amoniacal, Nitritos,

Nitratos, Fósforo total, Oxígeno disuelto, Turbiedad, Coliformes Totales y Coliformes fecales, tensoactivos, grasas y aceites, mercurio y cianuro. Como no todos los parámetros son medidos en los puntos que conforman la muestra, las variables se reducen a las consignadas en la tabla 10; adicionalmente se presenta el código con el cual se identificarán las mismas dentro del análisis estadístico.

Tabla 10. Códigos de las variables en estudio (Parámetros de Calidad del Agua)

Código	Variable
ColF	Coliformes fecales
DBO5	Demanda biológica de oxígeno a los 5 días
Ftot	Fósforo total
Nitra	Nitratos
Nitri	Nitritos
Nkj	Nitrógeno total Kjeldahl
OD	Oxígeno disuelto
pH	pH
SST	Sólidos suspendidos totales
Tagu	Temperatura del agua
Turb	Turbiedad

Fuente: El Autor

Las variables son cuantitativas continuas pues se expresan numéricamente y pueden llegar a contener cifras decimales. En la siguiente tabla se especifican las unidades de medición de cada parámetro de calidad y posteriormente se detallan de manera breve los mismos.

Tabla 11. Unidades de medida de los parámetros de calidad de agua o variables.

Variable	Unidad de Medida	Expresión
Coliformes fecales	Número más probable en cien mililitros	NMP/100 ml
DBO5	Miligramos de oxígeno por litro	mg O ₂ /L
Fósforo total	Miligramos por litro	mg/L
Nitratos	Miligramos por litro	mg/L
Nitritos	Miligramos por litro	mg/L
Nitrógeno total Kjeldahl	Miligramos por litro	mg/L
Oxígeno disuelto	Miligramos por litro	mg/L
pH	Unidades de pH	---
Sólidos suspendidos totales	Miligramos por litro	mg/L
Temperatura del agua	Grados Celsius	°C
Turbiedad	Unidades Nefelométricas de turbidez	NTU

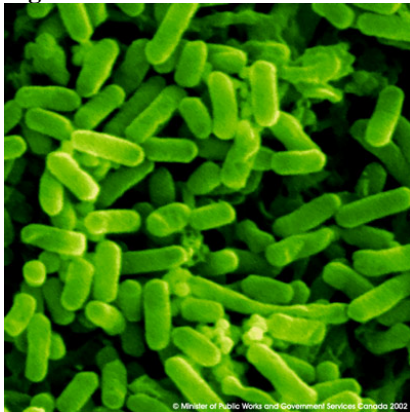
Fuente: El Autor

- **Coliformes Fecales**

Los coliformes fecales pertenecen a los coliformes totales, bacterias de forma bacilar, Gram-negativas, aeróbicas y facultativas, no formadoras de esporas, que provienen de excretas de animales de sangre caliente. Esta última característica hace que se pueda considerar a los coliformes fecales, indicador de contaminación fecal y por ende de organismos patógenos.

La bacteria más representativa del grupo coliforme fecal es la Escherichia o coli E. (ver figura 10), debido a que permanece en la flora intestinal del hombre y demás animales de sangre calientes, en esta encontramos 4 grupos de enteropatógenas importantes por encontrarse asociadas a el agua: E. coli enteropatógena, E. coli enteroxigámica, E. coli enteroinvasiva y E. coli enterohemorrágica, causantes de perjuicios como la diarrea especialmente en los niños y viajeros.

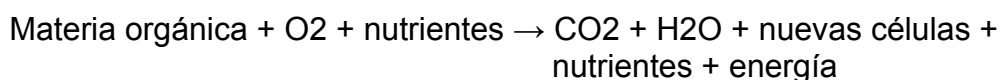
Figura 10. E. coli



Fuente: www.ltsa.fr/images/Ecoli

- Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO

“La oxidación microbial o mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos naturales de agua y constituye una de las demandas de oxígeno, ejercida por los microorganismos heterotróficos, que hay que hay que cuantificar.



Uno de los ensayos más importantes para determinar la concentración de materia orgánica en el agua es el ensayo de DBO a los cinco días. Esencialmente, la DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días y a 20°C”³

Es decir que la DBO puede ser usada como indicativo de grado de contaminación del agua, por determinar la cantidad de oxígeno requerida para

³ CALIDAD DEL AGUA. Romero Jairo Alberto. Segunda Edición. Bogotá – Colombia. 2002. 468 p.

oxidar y estabilizar por medio biológicos la materia orgánica contenida en la misma.

“La DBO se hace durante 5 días porque según diferentes estudios es el tiempo necesario para oxidar el 75% de la materia orgánica; aunque teóricamente el tiempo para oxidar toda la materia orgánica es infinito, el tiempo que se estima real para oxidar el 99% de la materia orgánica es de 20 días. Todavía hay discusiones respecto al tiempo necesario para oxidar la materia orgánica para cada tipo de bacteria actuante; ya que hay autores que dicen que la DBO de 5 días solo representa la parte de oxidación de materia orgánica carbonácea y hay otros que consideran que las bacterias que consumen la materia que está compuesta primordialmente por nitrógeno también es consumida desde el principio; es decir, la materia orgánica que consumen las bacterias se clasifica en compuestos carbonáceos y compuestos nitrogenados”⁴.

La DBO es una prueba bioquímica sujeta a incertidumbre por involucrar la utilización de organismos vivos y presenta interferencias cuando el agua residual tiene contenidos apreciables de nitrógeno y de sulfuros.

- Fósforo Total

El fósforo es un elemento importante en el crecimiento de las plantas y animales, se dice que en ausencia de éste no hay posibilidad de vida para las algas y por ende menor probabilidad de contaminación secundaria, causada por la carga orgánica con la que contribuyen después de su muerte.

Actualmente, la mayor contribución de fósforo en las fuentes de agua proviene de las descargas domésticas, puesto que los detergentes contienen gran cantidad de este elemento.

Las formas de fósforo en el agua son: ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. Los ortofosfatos son: PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- y H_3PO_4 . Los polifosfatos son compuestos con 2 o más átomos de fósforo, átomos de oxígeno y a veces átomos de hidrógeno combinados con moléculas complejas y fosfatos orgánicos.

Los ortofosfatos constituyen la forma de fósforo asimilable directamente por los organismos vivos y en consecuencia las otras formas deben ser convertidas en ortofosfatos para que puedan ser asimiladas.

⁴PÁRRAGA RAMÍREZ Pablo Francisco, Investigaciones hidráulicas y de calidad del agua en ríos de montaña colombianos. UNIANDES. Bogotá – Colombia. 2002. 30 p.

El fósforo orgánico es despreciable en aguas residuales domésticas, pero puede ser significativo en vertimientos de origen industrial.

La química del fósforo orgánico es muy compleja y teniendo en cuenta que en las corrientes se encuentran todas las formas de fósforo, se hace más sencillo para su control el monitoreo de la cantidad de fósforo total.

- Nitratos

Los nitratos son el producto final de la oxidación del nitrógeno o nitrificación, se caracterizan por su alta solubilidad, actúan como fertilizante para las plantas acuáticas, por lo cual al presentarse en concentraciones elevadas influyen al igual que el fósforo, en el aumento de algas que contribuyen en procesos de eutrofización.

Al presentarse contaminación en una corriente por excesos de nitratos se deduce que la misma no es reciente. Este tipo de contaminación es muy preocupante en una fuente cuya destinación es consumo humano y doméstico, pues al ingerir nitratos es probable su transformación a nitritos, los cuales por su característica reactiva se pueden convertir dentro del organismo, en compuestos nitroorgánicos que pueden llegar a causar cáncer de estómago y de hígado.

- Nitritos

Los nitritos son compuestos intermedios en la oxidación del nitrógeno, ubicados entre el amoníaco y el nitrato, provienen principalmente de efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, excrementos de animales y fertilizantes. Generalmente se presenta en pequeñas cantidades y su existencia indica procesos biológicos activos en el agua.

“Los nitritos resultan ser tóxicos para los peces. Una concentración de 0,2 - 0,4 mg/l mata al 50 % de una población de truchas. Se nota una mortandad elevada de peces a partir de 0,15 mg/l.”⁵

- Nitrógeno Total Kjeldahl

El término Nitrógeno Kjeldahl Total NKT incluye el nitrógeno orgánico (proteínas, ácidos nucleicos y urea) y el amoniacal (ión amonio NH₄⁺). Es un parámetro importante, ya que mide el nitrógeno total capaz de transformarse en

⁵ <http://es.wikipedia.org>

nitritos y nitratos mediante la nitrificación, o en nitrógeno gaseoso en el caso de presentarse desnitrificación.

El contenido alto de NKT en las corrientes superficiales se asocia a contaminaciones recientes, que la convierten fuente en insegura. Adicionalmente, contribuiría a la disminución del oxígeno disuelto en el agua y al aumento de la DBO, pues las reacciones dadas por las bacterias para convertir el nitrógeno orgánico en amoníaco, y ese a su vez primero en nitritos y luego en nitratos, requieren de oxígeno.

- Oxígeno Disuelto OD

El oxígeno es un elemento esencial para el metabolismo de la mayoría de los seres vivos. Este gas no reacciona con el agua y tampoco es muy soluble en ella. La solubilidad del oxígeno en el agua aumenta con la presión atmosférica y disminuye con la temperatura como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Solubilidad del oxígeno

Temperatura (°C)	0	10	20	30
OD (mg/L)	14.6	11.3	9.1	7.6

Fuente: FUNDAMENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA. T.H.Y. Tebbutt. Departamento de Ingeniería civil, Universidad de Birmingham. Novena edición. México.2002.

De la presencia o ausencia de oxígeno disuelto en el agua depende el tipo de descomposición biológica natural que predomine en el medio acuático. En ausencia de oxígeno, las bacterias anaeróbicas degradan la materia orgánica produciendo gas metano y biomasa celular. Cuando hay oxígeno priman los procesos de descomposición aeróbica, cuyos productos finales son biomasa, dióxido de carbono y agua.

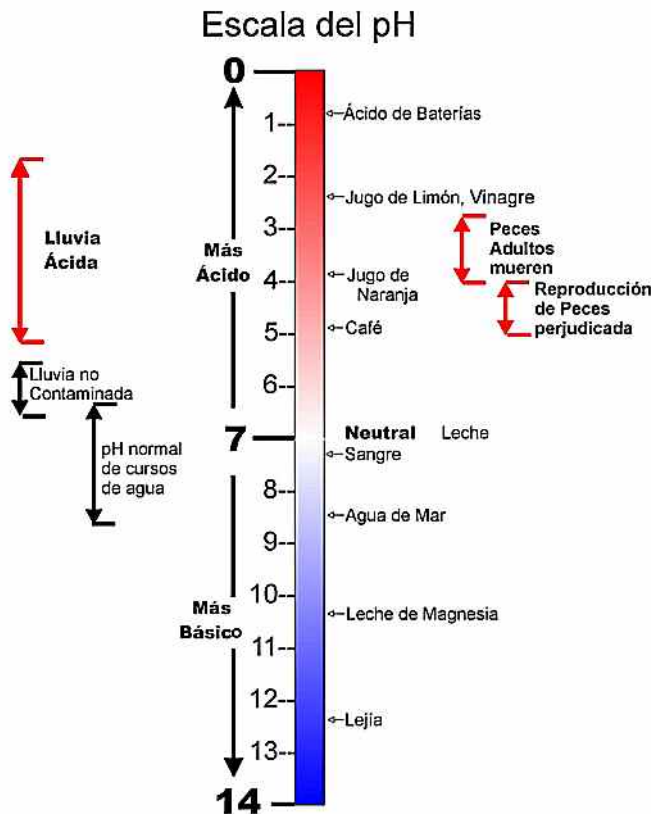
La baja solubilidad del oxígeno en agua, es responsable de las limitaciones que tienen los cursos de agua naturales para recuperarse cuando son sometidos a descargas frecuentes de efluentes líquidos con altos contenidos de materia orgánica. La situación es más crítica en el verano cuando disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua, a medida que aumenta la temperatura, y se ejerce una mayor demanda de oxígeno en la corriente.

- pH

El pH mide la concentración de iones hidrógeno en el agua y es indicativo del grado de acidez o de basicidad del agua, sin que sustituya las determinaciones de acidez ni de alcalinidad. El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno presentes en el agua, por lo cual $\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$. Es un valor adimensional que va de la escala del 0 al 14 en la que 7 es

neutral, ácido por debajo de 7 y básico por encima de 7, en la siguiente figura se ilustra la escala de pH con algunos ejemplos de sustancias y fenómenos presentados en determinados puntos.

Figura 11. Escala de pH



Fuente: <http://archive.idrc.ca>

El pH al igual que la temperatura rige los procesos químicos y biológicos que ocurren dentro del agua, siendo determinante para la supervivencia de los organismos acuáticos.

El encontrar en una fuente hídrica un pH en cercanía a los extremos indica proximidad de vertimientos de carácter industriales

- **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos son partículas sólidas, observables visualmente, que están suspendidas en el agua y que pueden ser separadas por métodos físicos como: sedimentación, filtración, centrifugación, entre otros. Estos se clasifican según la facilidad de sedimentación en sólidos sedimentables y sólidos coloidales.

Los sólidos sedimentables por su peso se asientan en el fondo, cuando se deja el agua en condiciones de aquietamiento. Estos contribuyen a la disminución de oxígeno en las corrientes hídricas, ya que se precipitan en el fondo o en las orillas de las fuentes y requieren degradación.

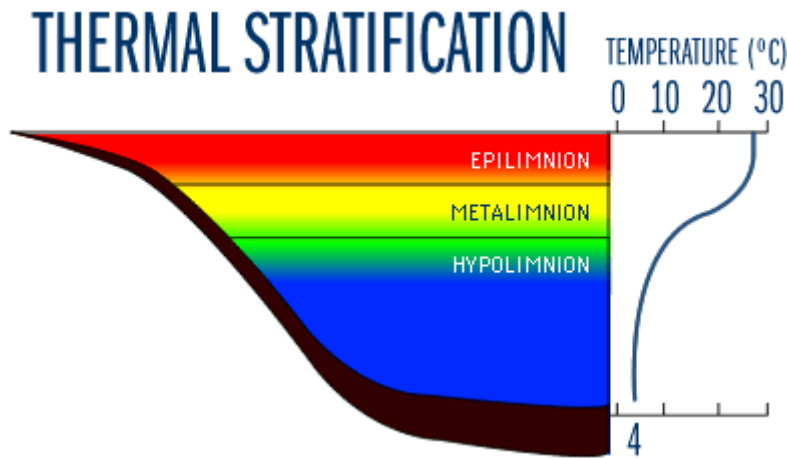
Los sólidos coloidales o no sedimentables por su tamaño muy fino, no tienen el peso suficiente para sedimentar cuando el agua se deja en reposo. Para retirarlos se puede recurrir a la adición de sustancias coagulantes que los ayuden a aglomerarse y adquirir el peso suficiente para que puedan sedimentar. Los tratamientos biológicos también son apropiados para retirar los sólidos de naturaleza orgánica, pues los microorganismos segregan coagulantes naturales que contribuyen a la aglomeración.

- Temperatura del agua

La temperatura del agua hace referencia al contenido de calor sensible en la misma. Se encuentra afectada por factores ambientales como son la radiación solar, nubosidad, velocidad del viento y temperatura del aire, al igual que por factores antropogénicos como las descargas de efluentes industriales, entre los cuales se destacan: plantas de beneficio de aves, tintorerías, condensados de calderas, entre otros. Esto crea un efecto conocido como estratificación térmica, en inglés thermal stratification, que consiste en la formación de capas que no se mezclan por tener densidades distintas, ubicándose el agua caliente arriba por tener menor densidad que el agua fría, tal como se muestra en la figura 12.

La estratificación hace que los peces se trasladen a la zona más profunda de la corriente, ya que contiene mayor cantidad de oxígeno disuelto, pues a mayor temperatura menor es la cantidad de oxígeno presente en el agua, de modo que el aumento de temperatura en la fuente acarrea problemas de aceleración en el agotamiento de oxígeno, que aflige la degradación biológica natural y la vida acuática en general, pero fortalece la actividad microbiana como se muestra en la tabla 13, que finalmente también entrará a competir por el oxígeno presente en la corriente.

Figura 12. Estratificación térmica en el agua



Fuente: <http://waterontheweb.org>

Tabla 13. Evolución de la actividad microbiana teniendo en cuenta la temperatura del agua.

Actividad Biológica	Temperatura
Óptimo desarrollo de la actividad bacteriana	25 – 35 °C
Cese de actividad metanogénica	≤15 °C
Cese de actividad nitrificadora	≤5 °C
Cese de actividad de bacterias quimioheterótrofas que actúan sobre la materia carbonosa.	≤2 °C

Fuente: Memorias Curso de caracterización de aguas residuales ACODAL 2004.

Este parámetro es uno de los factores que más influye en la calidad del agua, no solo porque afecta las reacciones biológicas, sino porque influye también en las reacciones químicas y demás procesos físicos que ocurren dentro del agua, como son la disolución y precipitación de sustancias, la sedimentabilidad de los sólidos y la capacidad de coagular de los coloides.

- Turbiedad

La turbiedad es una condición del agua originada por el contenido de partículas minerales u orgánicas en suspensión, tales como microorganismos, arcilla, precipitaciones de óxidos diversos, carbonato de calcio precipitado, compuestos de aluminio, etc, que producen dispersión y absorción de la luz.

La turbiedad causada por materiales externos se denomina alóctona o inducida por el hombre, y la producida dentro del mismo cuerpo de agua se denomina autóctona o natural.

Usualmente este parámetro se relaciona con la concentración de sólidos en suspensión.

2.2 Descripción de la técnica de estadística multivariada aplicada en el estudio.

La técnica usada para el análisis estadístico de los datos históricos de calidad agua en la Subcuenca del Río de Oro, se denomina Análisis de Componentes Principales, ésta pertenece a un grupo de técnicas estadísticas multivariantes, eminentemente descriptivas. El enfoque francés de este análisis fue desarrollado por Benzecri en 1980 y desde entonces se ha usado especialmente en el tratamiento de grandes masas de datos.

“El ACP permite reducir la dimensionalidad de los datos, transformando el conjunto de p variables originales en otro conjunto de q variables incorrelacionadas ($q \leq p$) llamadas componentes principales. Las p variables son medidas sobre cada uno de los n individuos, obteniéndose una matriz de datos de orden np ($p < n$).

En el ACP existe la opción de usar la matriz de correlaciones o bien, la matriz de covarianzas. En la primera opción se le está dando la misma importancia a todas y a cada una de las variables; esto puede ser conveniente cuando el investigador considera que todas las variables son igualmente relevantes. La segunda opción se puede utilizar cuando todas las variables tengan las mismas unidades de medida y además, cuando el investigador juzga conveniente destacar cada una de las variables en función de su grado de variabilidad.

Las q nuevas variables o componentes principales son obtenidas como combinaciones lineales de las variables originales. Los componentes se ordenan en función del porcentaje de varianza explicada. En este sentido, el primer componente será el más importante por ser el que explica mayor porcentaje de la varianza de los datos. Queda a criterio del investigador decidir cuántos componentes se elegirán en el estudio”⁶.

“La utilidad del análisis de componentes principales es doble porque:

- a) Permite representar óptimamente en un espacio de dimensión pequeña, observaciones de un espacio general p -dimensional. En este sentido componentes principales es el primer paso para identificar posibles variables escondidas o no observadas, que están generando la variabilidad de los datos.

⁶ UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN EL ÁREA EDUCATIVA. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Instinto de Investigaciones Económicas y Sociales. Revista Economía No.9. Colombia.

- b) Permite transformar las variables originales, generalmente correlacionadas, en nuevas variables incorrelacionadas, facilitando así la interpretación de los datos”⁷.

Los únicos requerimientos previos para la aplicación del ACP son:

- a) Continuidad en las variables.
- b) El número n de individuos o elementos observados debe ser mayor que el número p de variables originales.

Por otra parte, el ACP tiene la ventaja de no exigir supuestos tales como la normalidad u homoscedasticidad.

⁷ BÚSQUEDA DE LA REILACIÓN ENTRE ÁREAS ICFES EN MATEMÁTICAS, FÍSICA, LEGUAJE Y RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS I Y II A TRAVÉS DEL ACP. Universidad Tecnológica de Pereira. Revista Scientia Et Técnica No.32. Pereira, Colombia. 2004

3. DESCRIPCIÓN DE LA SUBCUENCA DEL RÍO DE ORO Y PUNTOS DE MONITOREO SELECCIONADOS PARA EL ESTUDIO

En este capítulo se realizará la descripción de las características más relevantes de la subcuenca en estudio y de los puntos seleccionados para el ACP, a fin de lograr un conocimiento de las condiciones ambientales y geográficas, importantes para el análisis de resultados del método estadístico implementado.

3.1 Descripción de la Subcuenca Río de Oro

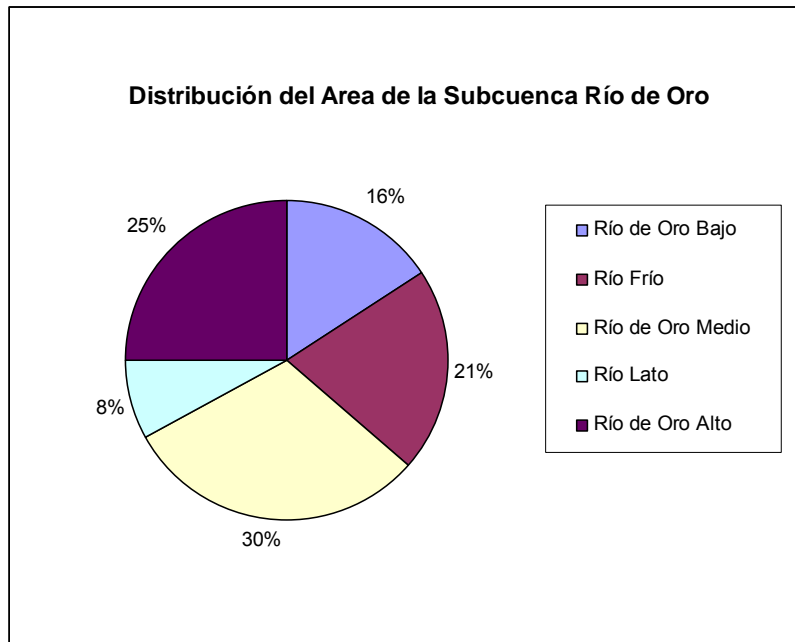
El Río de Oro pertenece a la cuenca del Río Lebrija y esta conformado por 5 microcuencas, distribuidas de norte a sur en: Río de Oro Bajo, Río Frío, Río de Oro Medio, Río Lato y Río de Oro Alto, cuenta con un área total de 58347 hectáreas, con mayor contribución de microcuenca Río de Oro Medio, 30.63%, seguido de Río de Oro Alto y Río Frío, 25.02% y 20.53% respectivamente, y en menor proporción Río de Oro Bajo y Río Lato, 15.86% y 7.97% respectivamente, como se muestra en la tabla 14 y en el diagrama de torta en la figura 13.

Tabla 14. Distribución de áreas de la Subcuenca del Río de Oro

Microcuenca	Área (ha)	%
Río de Oro Bajo	9252	15,86
Río Frío	11977	20,53
Río de Oro Medio	17873	30,63
Río Lato	4648	7,97
Río de Oro Alto	14597	25,02
Total	58347	100

Fuente: Plan de Acción Trienal CDMB

Figura 13. Distribución de Áreas en % de la Subcuenca del Río Oro.



Fuente: El Autor.

La siguiente figura ilustra la ubicación espacial de la Subcuenca del Río de Oro, con sus respectivas microcuencas y puntos de monitoreo seleccionados para el desarrollo del presente trabajo de monografía, así como los usos del suelo y cobertura vegetal del AMB, que serán parte fundamental de la descripción del área correspondiente a cada microcuenca.

La Subcuenca del Río de Oro se detalla desde el nacimiento del Río de Oro hasta la parte baja del mismo, antes de la confluencia con el Río Suratá para la formación del Río Lebrija.

producción pecuaria, además se aprecian algunas áreas de cultivos mixtos y sistemas silvoagrícolas.⁸

3.1.2 Microcuenca Río de Oro Medio

La mayor parte de esta microcuenca tienen su jurisdicción el Municipio de Girón y en menor proporción en el Municipio de Piedecuesta, abarca desde el punto después de la bocatoma de la planta de potabilización de Piedecuestana de Servicios ESP, denominado en la Red de monitoreo de Calidad del Agua como RO-05, hasta el punto antes de la confluencia con el río Frío, denominado en la Red como RO-4A, incluyendo las corrientes afluentes: Quebrada Soratoque, Quebrada La Ruitoca y Quebrada Grande, entre otras de menor magnitud como Quebrada Verdum y Quebrada La Tachuela.

La microcuenca se ubica en altitudes que van desde 700 a 1.500 msnm, y por presentarse precipitaciones anuales entre 900 y 1.400 mm y temperaturas medias anuales entre 20°C y 25°C, con clima cálido semiseco, medio semiseco y semihúmedo. Su topografía es variada pues reúne pendientes suaves y empinadas, con fenómenos de erosión muy intensos.

Aproximadamente el 50% del total de las tierras tienen un uso productivo agropecuario, de los cuales el 5% se encuentran en actividades agrícolas de cultivos transitorios y un 45% en cultivos mixtos. En la actualidad sólo 785,9 hectáreas (4.7%) de la microcuenca reporta bosques secundarios, lo anterior debido a la presión antrópica y cercanía a los centros poblados más importantes del departamento. En la Microcuenca prevalecen las actividades pecuarias, como: avicultura, porcicultura y ganadería, principalmente en las veredas de los municipios de Floridablanca y Piedecuesta, estas actividades han causado disminución en la disponibilidad del recurso hídrico y destrucción de la cobertura vegetal de la zona.⁹

La mayor parte de los vertimientos realizados a esta microcuenca provienen de: granjas porcícolas, plantas beneficio de aves, purgas de la Planta de Tratamiento de Agua Potable PTAP de Piedecuesta, aguas residuales domésticas del casco urbano de Piedecuesta sin tratamiento previo, efluentes de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de parcelaciones, instituciones educativas y demás establecimientos ubicados en el área suburbana de Piedecuesta.

⁸ CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Oro Alto. Bucaramanga. 2004

⁹ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Ordenamiento Ambiental de La Microcuenca Oro Medio. Bucaramanga. 2004

3.1.3 Microcuenca Río Lato

Esta microcuenca tiene una extensión aproximada de 5.069 hectáreas, ubicada en una región montañosa de la Cordillera Oriental correspondiente al Flanco Occidental del Macizo de Santander, limitado al Norte por la Microcuenca Río Frío y al Sur por la Microcuenca Oro Alto, a ésta pertenecen las veredas: Santa Rita, Guatiguará, Faltriqueras, Ruitoque y Granadillo; y la totalidad de las veredas Limonal, Cubín, La Mata y La Nevera, todas pertenecientes al Municipio de Piedecuesta.

Se localiza en altitudes que van de los 900 a los 3.050 msnm, lo cual enmarca la presencia de varios pisos térmicos cuya climosecuencia va de templado o medio a muy frío, con temperaturas de 12 a 23oC y precipitación promedio anual que varía de 1.200 a 1.400 mm.

El Río Lato nace a una altura de 3.150 msnm en el Cerro Morronegro, constituyendo un cauce lineal, con pocos aportes de cauces secundarios, dentro de los cuales sobresalen la Quebrada Morronegro y Faltriqueras, ambas ubicadas sobre la margen izquierda del río.

Esta microcuenca es la mas pequeña de las microcuencas que forman la Subcuenca del Río de Oro, su forma física es alargada, se caracteriza porque aproximadamente el 60% de su territorio lo constituye una zona receptora de agua.

La mayor parte del área de la microcuenca Río Lato tiene uso del suelo destinado a las actividades agrícolas y pecuarias, el uso del suelo en actividades de construcción y agroindustria es mínimo.

3.1.4 Microcuenca Río Frío

El Río Frío es la corriente principal de la microcuenca del mismo nombre y tiene una longitud de 30,1Km. Esta microcuenca alcanza altitudes que varían de 700 a 3.000 msnm, con precipitaciones anuales entre 1.000 y 2.000 mm y temperaturas entre 10 y 25°C. La mayor parte de territorio de la microcuenca se ubica en el municipio de Floridablanca y una pequeña parte de esta, Río Frío Bajo se localiza en la zona de expansión urbana del Municipio de Girón, Vereda Río Frío de este municipio.

La topografía de la microcuenca se caracteriza principalmente por pendientes empinadas y fenómenos de erosión relativamente intensos.

El Río Frío en su recorrido recibe las aguas servidas del casco urbano de Floridablanca, que son tratadas PTAR Río Frío la cual recibe los aportes de 75

mil habitantes del sur del municipio de Bucaramanga y 250 mil de la totalidad de la población urbana del municipio de Floridablanca, correspondiendo aproximadamente al 35% del caudal total de aguas residuales de los municipios del Área Metropolitana (Aproximadamente un caudal de 0.7 m³/s)¹⁰

La mayor parte de las tierras en la microcuenca de Río Frío se han destinado históricamente a las actividades agrícolas, pecuarias y de turismo ecológico. Es mínima la destinación en actividades de construcción y para la agroindustria. Los sectores bajos de la microcuenca bordeando las escarpas de Malpaso y terminando en la confluencia con el río de Oro hacen parte de las áreas declaradas protegidas correspondientes al Distrito de Manejo Integrado (DMI) de Bucaramanga y equivalen al 31,6% del área de la microcuenca.¹¹

3.1.5 Microcuenca Oro Bajo

La Microcuenca Oro Bajo alcanza altitudes que varían de 900 a 1600 msnm, con precipitaciones anuales entre 900 y 1.400mm y temperaturas que oscilan de 20 a 26 °C, se caracteriza por una topografía variada y fenómenos de erosión muy intensos.

Es de destacar que la mayor parte de las tierras en la microcuenca Río de Oro Bajo corresponden a zonas declaradas protegidas dentro del DMI (Distrito de Manejo Integrado) de Bucaramanga el cual ocupa el 35% de la microcuenca, sobre esta cuenca se ubica la Ciudad de Bucaramanga, la zona Industrial y posee tierras urbanas y suburbanas en expansión. Las actividades agrícolas son mínimas y las pecuarias están orientadas al establecimiento de la avicultura comercial.¹²

En esta microcuenca adquiere la mayor concentración en contaminación hídrica producto de las aguas servidas de los Municipios que hacen parte del Área Metropolitana de Bucaramanga y de los vertimientos generados por el parque Industrial.

3.2 Descripción de los Puntos de Monitoreo seleccionados sobre la Subcuenca Río de Oro.

Los puntos de monitoreo en la Subcuenca del Río de Oro seleccionados para el estudio son 15, como se mencionó en la descripción de la muestra

¹⁰ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Acción Trienal 2004-2006.

¹¹ CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Río Frío. Bucaramanga. 2004

¹² CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Oro Bajo. Bucaramanga. 2004.

estadística, 11 puntos correspondientes a los afluentes de la subcuenca y 4 puntos de control distribuidos a lo largo del Río de Oro, los cuales se describirán a continuación.

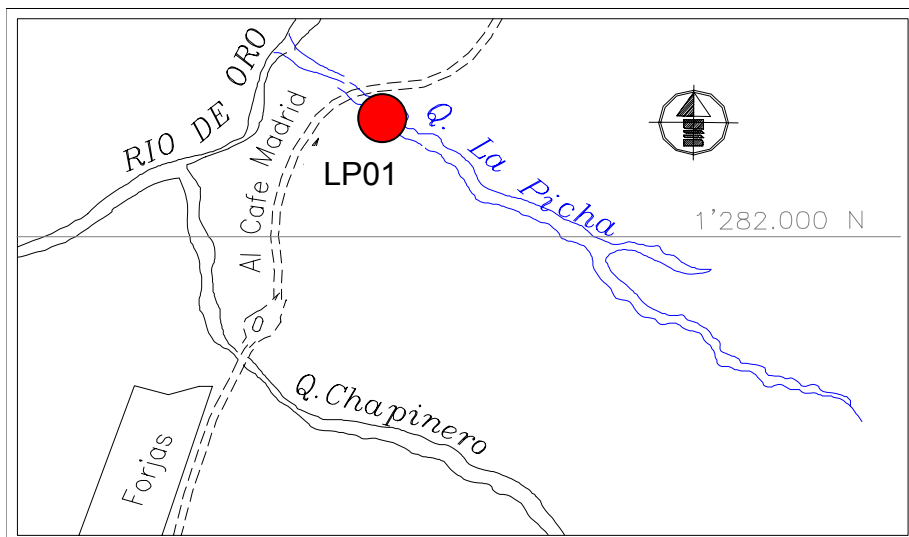
Es importante aclarar que de los puntos LT01 y SO01 correspondientes al Río Lato y Quebrada Suratoque respectivamente, no cuentan con descripción específica del sitio, pues no se encontró información a cerca de los mismos, no obstante, la microcuenca del Río Lato fue descrita anteriormente y por su parte, la Quebrada Suratoque se encuentra incluida dentro de la microcuenca Río de Oro medio descrita también anteriormente.

3.2.1 Quebrada La Picha – Punto LP01

La Quebrada La Picha se encuentra situada al norte de la escarpa de Bucaramanga, la cañada comienza en la Calle 4 Carrera 10A y recorre una longitud aproximada de 1,757 m hasta la descarga en el Río de Oro. La parte alta de la quebrada se encuentra acompañada de cobertura vegetal por pastos y arbustos. En su parte media y baja se observa poca vegetación y algunos cultivos de maíz, yuca y cacao.

El último punto de monitoreo sobre esta corriente se denomina LP01 y se encuentra ubicado en las coordenadas: 1'282,379 N - 1'102,612 E (ver figura 15).

Figura 15. Punto de monitoreo LP 01 – Quebrada La Picha



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

El agua de la quebrada es utilizada para el riego de los cultivos y para abastecimiento de dos viviendas localizadas en la cañada. En esta cañada se

reciben las aguas residuales provenientes de la estructura de vertimiento El Caney y los vertimientos generados en el asentamiento María Paz, los cuales contaminan directamente la fuente de abastecimiento de las viviendas.

3.2.2 Quebrada Chapinero – Punto CH01

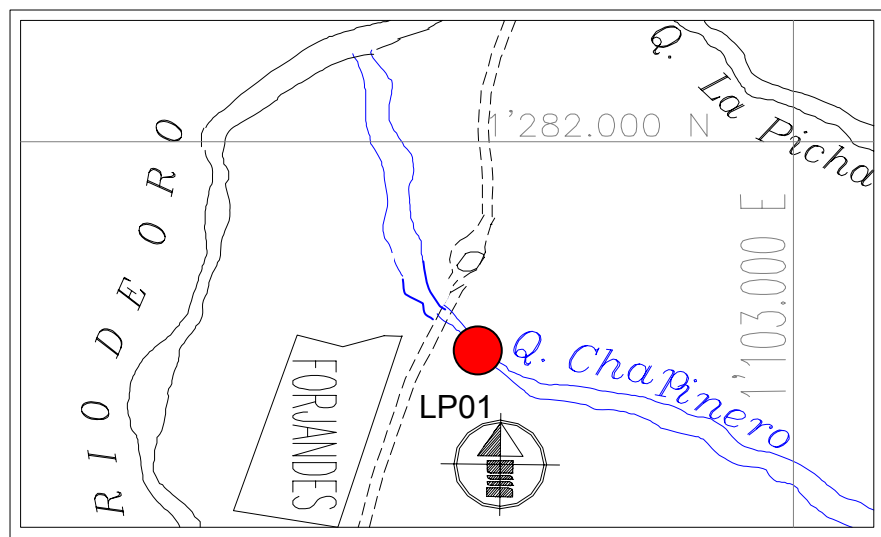
La Quebrada Chapinero está referenciada por la estructura construida por la CDMB en la Calle 6ª, como parte del trabajo de recuperación de taludes y control de cauce, adelantado en dicha área.

Como corriente, la Chapinero comienza en el tanque de aquietamiento de la estructura mencionada. Recibe también en ese punto el agua proveniente de los filtros construidos para el control de la erosión. A partir del punto mencionado, hasta la confluencia con el Río de Oro la quebrada tiene una longitud aproximada de 2,244m. En esta quebrada no se presenta uso directo de sus aguas.

Esta cañada posee control de cauce en la mayor parte de su extensión y cuenta con una buena arborización, principalmente en su parte alta y media.

El punto antes de la confluencia con el Río de Oro se denomina CH01 y se localiza en las coordenadas: 1'281,656 N - 1'102,337 E (ver figura 16).

Figura 16. Punto de monitoreo CH01- Quebrada Chapinero



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

3.2.3 Quebradas Las Navas – LN01

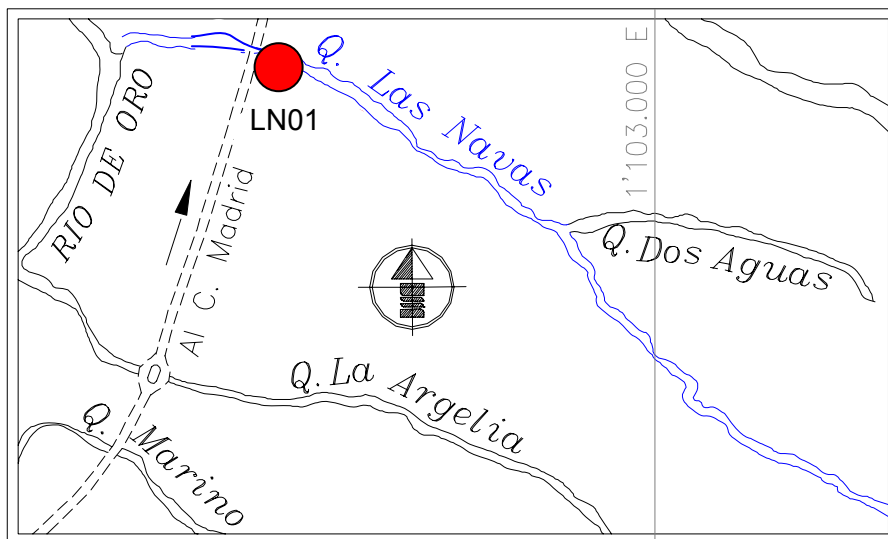
La Quebrada Las Navas tiene una longitud de aproximadamente 2,621 m, desde su inicio en la entrega de la estructura Nariño hasta antes de la confluencia con el Río de Oro. Esta fuente recibe las aguas de la Quebrada Dos Aguas, caracterizada por tener estructuras de control de cauce en todo su recorrido, buena protección vegetal en sus riberas y establecimiento de cultivos de yuca y maíz en su área aferente.

La Quebrada Dos aguas posee un recorrido de 1,000 m desde la estructura Gaitán hasta la confluencia con la Quebrada Las Navas.

Por su parte, la Quebrada Las Navas se destaca por la presencia del bambú, en sus márgenes y por tener varias estructuras de control de cauce durante todo su recorrido.

Antes de su unión al Río de Oro se ubica el punto de monitoreo LN01 en las siguientes coordenadas: 1'280,716 N - 1'102,846 E (ver figura 17).

Figura 17. LN 01 – Quebrada Las Navas



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

Esta quebrada recibe los vertimientos del Parque industrial segunda etapa, caracterizado por establecimientos de fabricación de harinas, a partir de vísceras y otros elementos de origen animal.

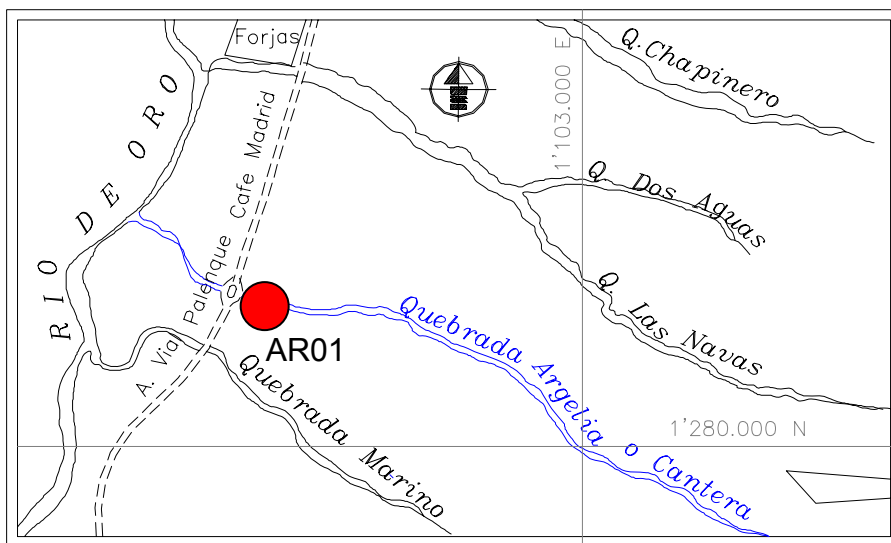
3.2.4 Quebrada La Argelia

La Quebrada La Argelia tiene una longitud 2,235 m aproximadamente, contados a partir de la estructura Argelia hasta llegar al Río de Oro. Esta

fuerza cuenta con obras de estabilización de taludes y control de cauce, y alta densidad de arbórea en la que se encuentran principalmente: caracolí, mamoncillo, bambú, plátano y pastos.

El punto de monitoreo ubicado antes la confluencia con el Río de Oro se denomina AR01 y se encuentra ubicado en las coordenadas de localización: 1'280,454 N - 1'101,979 E (ver figura 18).

Figura 18. Punto de monitoreo AR01 – Quebrada La Argelia



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

3.2.5 Quebrada Cuyamita

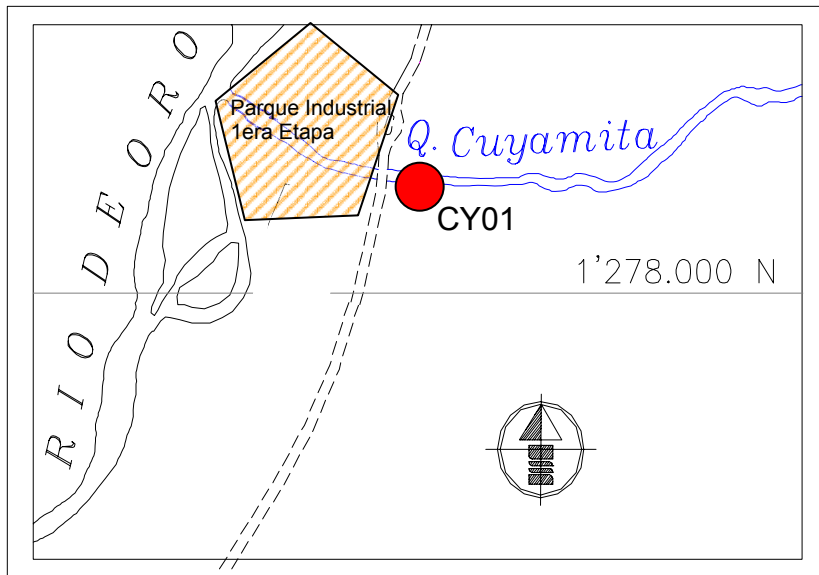
La Quebrada Cuyamita al igual que las demás corrientes de la escarpa se encuentra establecida en un suelo limo-arenoso, cuenta con buena cobertura vegetal aunque menor proporción que las anteriores quebradas.

Es una quebrada con pendientes bajas y se encuentra rodeada de taludes naturales con altas pendientes. Su parte inicial fue canalizada con tubería hasta el punto de entrega en la estructura La Feria y cuenta con una longitud total de aproximadamente 3,000 m.

Antes de su confluencia con el Río de Oro la quebrada atraviesa el Parque Industrial Primera Etapa, recibiendo una mínima cantidad de descargas del alcantarillado privado del parque, correspondientes al restaurante y a la contribución de solo una manzana del mismo, debido a que la mayoría de vertimientos descargas al Río de Oro directamente.

El punto de monitoreo se localiza aguas arriba del parque industrial, aproximadamente en las coordenadas 1'278,341 N - 1'100,918 E (ver figura 19).

Figura 19. Punto de monitoreo CY01 – Quebrada Cuyamita



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

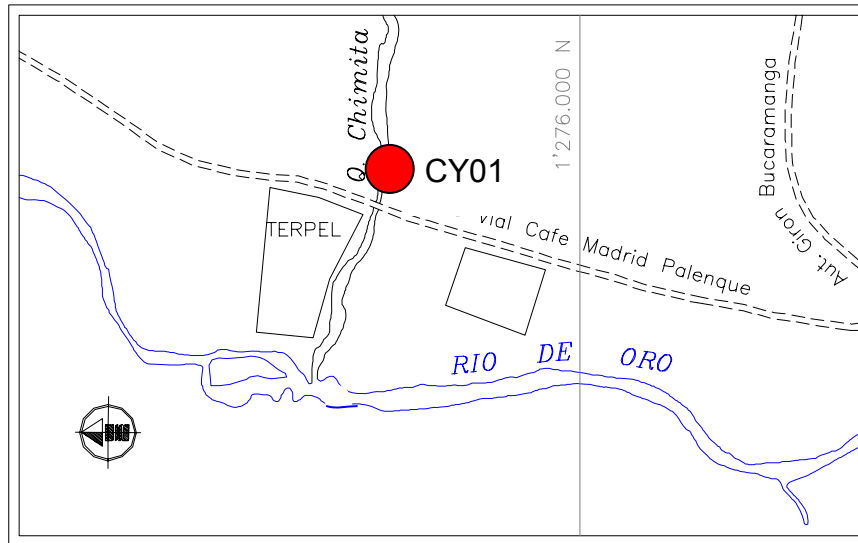
3.2.6 Quebrada Chimitá

La Quebrada Chimitá cuenta con los siguientes afluentes: Quebrada Seca, Quebrada La Joya y Quebrada La Rosita, las cuales son de mayor longitud que las descritas anteriormente y recorren áreas de menor cobertura vegetal.

La Quebrada Chimitá se caracteriza por recibir un alto porcentaje de las aguas residuales generadas en la meseta de Bucaramanga, por presentarse extracción de materiales (arena y piedra) en su parte baja y desembocadura de sus afluentes y la formación de procesos erosivos superficiales de magnitud media y baja.

En la figura 20 se muestra la localización del punto de monitoreo ubicado antes de la confluencia con el Río de Oro.

Figura 20. Punto de monitoreo CY01 –Quebrada Chimitá



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

3.2.7 Quebrada La Iglesia

La quebrada La Iglesia nace en las estribaciones de la cordillera oriental, sus principales afluentes son: la Quebrada La Flora y Quebrada Cascada, adquiriendo el nombre de Quebrada La Iglesia después de la confluencia con las mismas bajo la estructura del viaducto La Flora, al costado sur - oriental de la meseta.

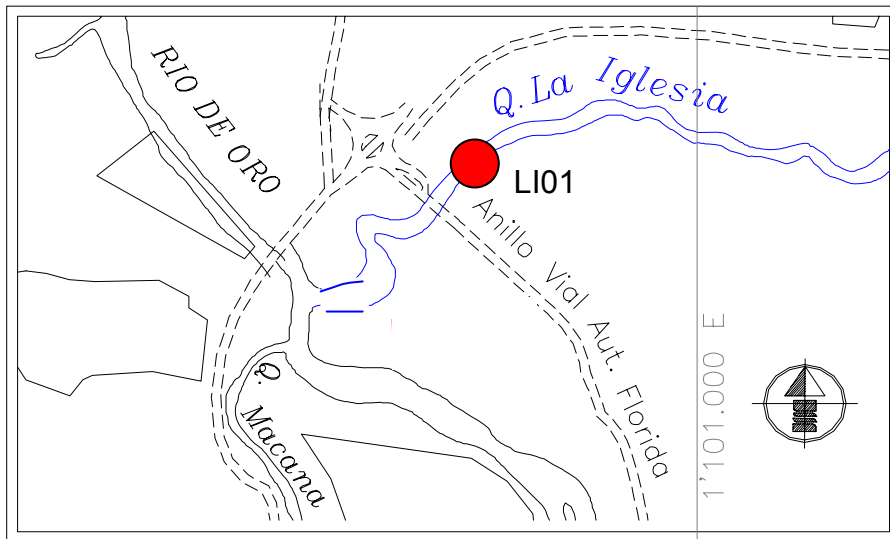
Otros afluentes de importantes de esta quebrada son: Quebrada Guayacana, Quebrada El Macho y Quebrada El Carrasco, esta última receptora de los lixiviados generados en el Sitio de Disposición Final El Carrasco.

A lo largo de la Quebrada se encuentran establecidas actividades de carácter industrial, principalmente: talleres, bodegas de almacenamiento, bodegas de reciclaje, plantas de incubación, plantas de concentrados, tintorerías, estaciones de servicio, industria de galvanostegia, industria de bebidas, entre otras, al igual que instituciones como CENFER, MERCAGAN, Transito Bucaramanga, EMAB y SENA Girón. Por otra parte, existen cultivos de hortalizas a lo largo de esta corriente, entre el puente El bueno y el puente El Palenque.

La Quebrada la Iglesia se encuentra completamente canalizada y con estructura de control de cause.

El último punto de monitoreo sobre esta corriente es LI01, ubicado antes de la confluencia con el Río de Oro, debajo del puente el SENA sobre el Anillo vial, aledaño a CODIESEL (ver figura 21).

Figura 21. Punto de monitoreo LI01- Quebrada Iglesia



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

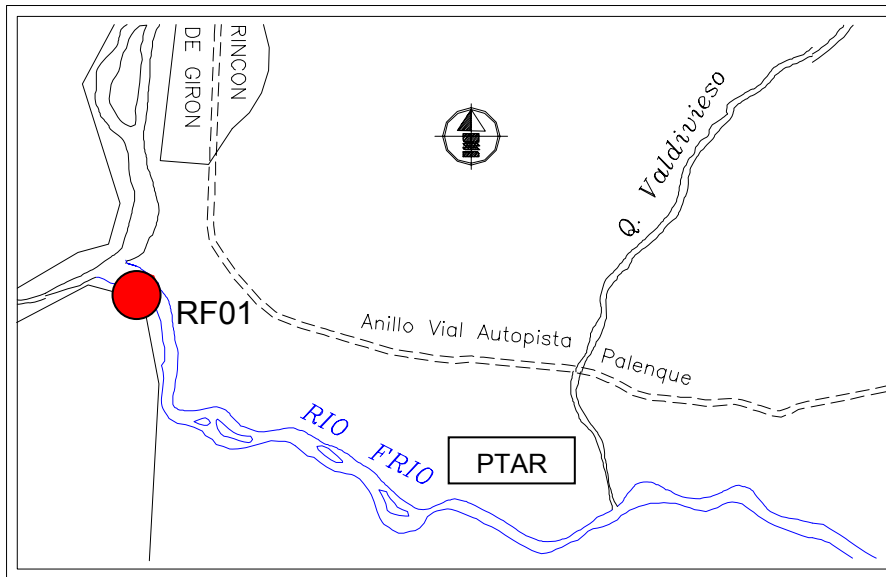
3.2.8 Río Frío

El Río Frío tiene una longitud aproximada de 13,200 m y es la fuente abastecedora de agua del municipio de Floridablanca. Sus principales afluentes son: Quebrada Mensulí y Quebrada La Ronda, que posterior a su unión entre las dos últimas se denomina Quebrada Aranzoque, Quebrada Zapamanga, Quebrada Valdivieso, entre otras.

La microcuenca del Río Frío se ve afectada por diferentes tipos de descargas, entre las de mayor representatividad se encuentran: vertimientos directos de asentamientos humanos localizados en la vía transoriental, efluentes de lavaderos de vehículos de carga pesada principalmente, efluentes de plantas de beneficio de aves, efluentes de sistemas de tratamiento de instituciones educativas y recreativas; tales como: UPB, Colegio San Pedro Claver, CONFENALCO, CAJASAN entre otros, efluentes de sistemas de tratamiento de parcelaciones, restaurantes y discotecas, vertimientos directos de alcantarillados veredales, efluentes de fabricas de dulces y demás actividades industriales desarrolladas en el municipio de Floridablanca, y finalmente, el de mayor importancia, la descarga del efluente de la Planta de Tratamiento de Río Frío.

El punto de monitoreo final en la corriente antes de la desembocadura al Río de Oro, se denomina RF01 (ver figura 22) y se encuentra ubicado a 785 msnm, en las coordenadas 1'273.154 N - 1'100.655 E.

Figura 22. Punto de monitoreo RF01 – Río Frío



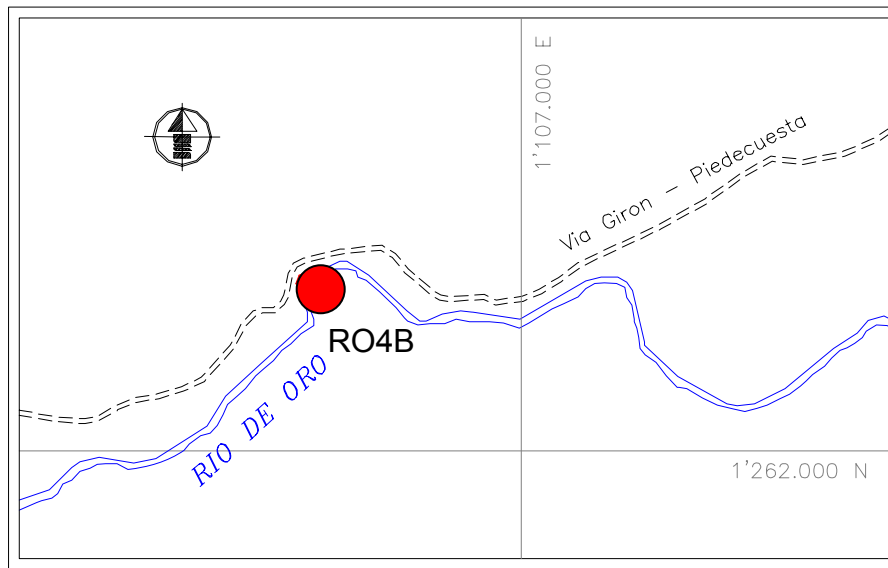
Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

3.2.9 Río de Oro

A lo largo del Río de Oro se seleccionaron cuatro puntos, importantes para observar la evolución de la corriente a medida que se van sumando sus afluentes y con los mismos las descargas derivadas de las actividades desarrolladas en el AMB.

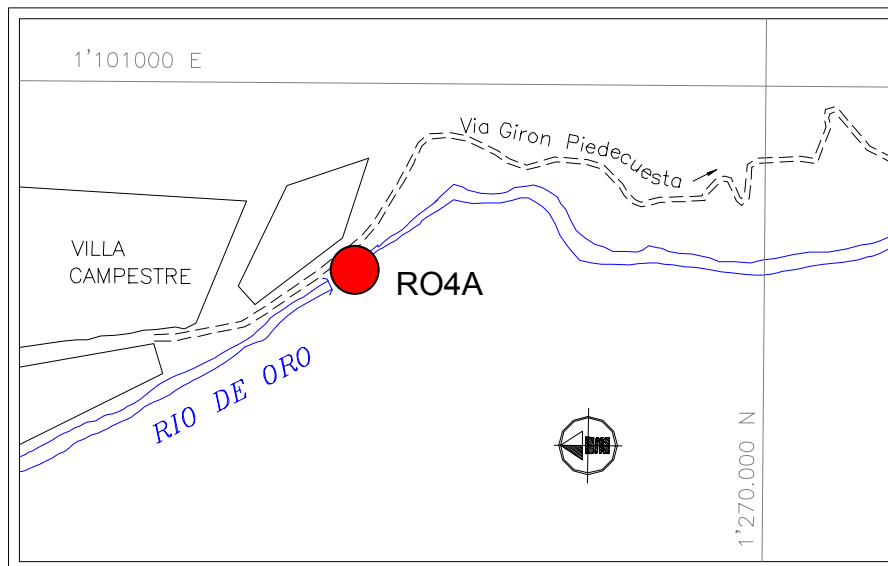
El primer punto seleccionado en el corriente es ROP, el cual proviene de Río de Oro Alto, posteriormente encontramos el punto RO4B (ver figura 23) a 930 msnm y coordenadas 1'262.470 N - 1'106.000E, con el cual se pretende verificar el comportamiento de la fuente después de recibir todas las descargas del municipio de Piedecuesta, más adelante justo antes confluencia con el Río esta el punto RO4A (ver figura 24) y finalmente después de 15 kilómetros encontramos el punto final de monitoreo del Río de Oro llamado RO01 (ver figura 25, situado frente al Café Madrid, a 650 msnm y referencias 1'284.278 N - 1'103.138 E, antes de la confluencia con el Río Suratá.

Figura 23. Punto de monitoreo RO4B – Río de Oro después de los vertimientos del municipio de Piedecuesta.



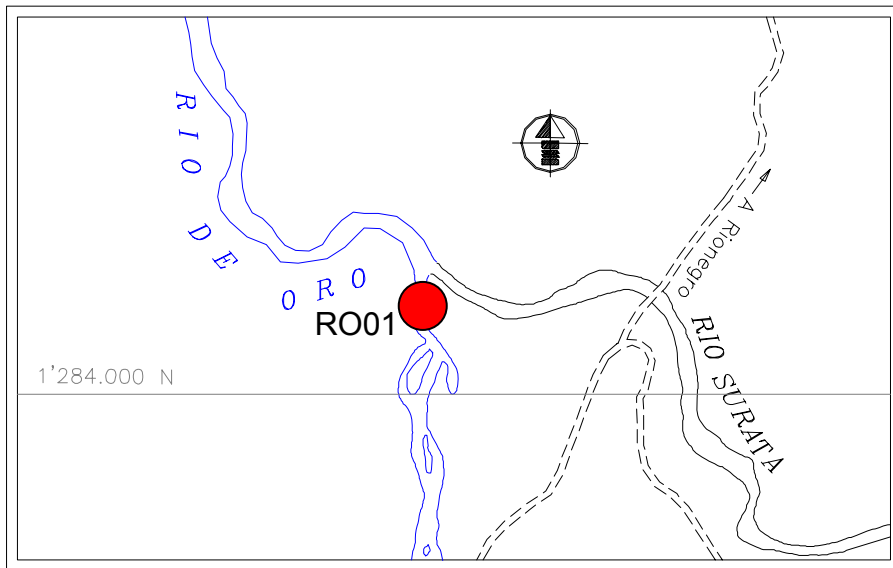
Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

Figura 24. Punto de monitoreo RO4A – Río de Oro antes de la confluencia con el Río Frío.



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

Figura 25. Punto de monitoreo RO01- Río de Oro antes de la confluencia con el Río Suratá



Fuente: PISAB. Modificado por El Autor.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los Estadísticos Descriptivos de las variables

El análisis de los estadísticos descriptivos de todas las variables en estudio, parámetros de calidad de los afluentes al Río de Oro y demás puntos sobre el mismo, se efectúa para a conocer las características de dichas corrientes, así como determinar la variabilidad o desvío con relación a su media histórica.

4.1.1 Coliformes Fecales

En la tabla 15 se muestran los valores promedio del número más probable de coliformes fecales por 100 mililitros, durante el periodo total de estudio, en los diferentes puntos de monitoreo ubicados en la Subcuenca del Río de Oro.

Tabla 15. Estadísticos descriptivos coliformes fecales en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo	Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto	
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	157580.61	200	2400000	462560.94	54
	LP01	7940555.5	230000	46000000	9889971	54
	CH01	3252036.75	430000	24000000	4833567	54
	LN01	2498358.75	91000	24000000	3516278.75	53
	CY01	690550	4300	2400000	828216.38	54
	CA01	4297506	43000	46000000	6733745	229
	LI01	1411455.12	20000	2400000	935884.25	145
	RF1A	3788677	23000	28500000	5554885.5	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	79108.34	2300	240000	77317.8	36
	LT01	101600.84	1500	1100000	187354.64	239
	SO01	8661313.81	1500	240000000	23898255.3	239
Río de Oro	ROP	445063.94	200	2400000	646853.94	228
	RO01	1341055.75	15000	17500000	2340702	241
	RO4A	255002.27	1500	2400000	490100.36	251
	RO4B	488100.06	9100	11100000	1311176.5	83

La cantidad media histórica más alta de coliformes fecales se presenta en la quebrada Suratoque, punto SO01, como consecuencia de la recepción de la mayoría de las descargas domésticas de la cabecera del municipio de Piedecuesta, sin embargo, al analizar el Río de Oro aguas abajo de la confluencia con ésta quebrada y el Río Lato, RO4B, se aprecia una notable disminución en la media de este parámetro, cabe anotar que estos puntos coinciden con el valor mínimo, pero cuentan con una notable diferencia entre sus valores máximos de coliformes fecales, destacándose que el máximo valor en SO01 seguramente afectó el promedio en este punto.

Por su parte, la quebrada La Picha presenta un valor medio de coliformes fecales considerablemente elevado en relación con las demás corrientes, obteniendo el segundo valor más alto, la causa de esto es que la fuente es receptora de los vertimientos de aguas residuales procedentes de la estructura de vertimiento El Caney y del asentamiento María Paz. Esta quebrada es el último afluente de Río de Oro y por ende su impacto se refleja en el último punto de monitoreo, RO01, al igual que el de los demás afluentes de este Subcuenca, por lo cual se esperaría que el valor medio aumentará en este punto, pero en lugar de esto se tiene un valor promedio aproximadamente 6 veces menor al de la Quebrada la Picha.

En el Río Frío se presenta el tercer valor promedio histórico de coliformes fecales más alto, debido a que esta corriente se descarga el efluente de la Planta de tratamiento de Río Frío.

Las corrientes con menor cantidad promedio de coliformes fecales en orden descendente son: Quebrada La Argelia, Río Lato y la Quebrada La Ruitoca, las demás fuentes presentan valores promedio intermedios.

La mayoría de las desviaciones estándar son superiores a los promedios históricos, demarcando gran variabilidad en los niveles de coliformes fecales en la subcuenca, excepto en dos afluentes: Quebrada La Iglesia y Quebrada La Ruitoca.

Comparando los valores mínimos con las normas de calidad nacional y regional, observamos que solo la Quebrada La Argelia y Río de Oro a la altura de ROP, respecto al cumplimiento del decreto 1594 en este parámetro las corrientes, cuentan con las características que permiten su uso para consumo humano realizando tratamiento convencional y uso agrícola. Respecto al Estatuto Sanitario no cumple con los estándares establecidos en ninguna de las clases.

4.1.2 DBO5

Los valores medios, máximos y mínimos históricos, así como la desviación estándar de DBO5, en las diferentes corrientes pertenecientes a la Subcuenca de Río de Oro, se encuentran consignados en la tabla 16.

El valor promedio histórico máximo de DBO5 se presenta en la Quebrada la Picha, seguidamente se encuentra el de la Quebrada Las Navas, receptora de aguas residuales del parque industrial segunda etapa y en tercer lugar se tiene a la Quebrada Suratoque.

Tabla 16. Estadísticos descriptivos de DBO5 en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	5.45	1.1	42	7.35	54
	LP01	126.88	12	1360	187.94	54
	CH01	41.38	3	192	35.56	54
	LN01	95.53	6.1	366	83.88	53
	CY01	24.54	4	70	16.95	54
	CA01	55.33	4.20	378	39.08	229
	LI01	42.74	3.2	573	69.13	145
	RF1A	46.72	3.5	279	32.5	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	3.31	1.3	12	2.67	36
	LT01	5.62	0.5	80	6.06	239
	SO01	91.3	1.2	300	92.66	239
Río de Oro	ROP	6.84	0.3	26	3.82	228
	RO01	25.21	4.5	199.5	24.69	241
	RO4A	5.12	0.8	40	5.74	251
	RO4B	8.12	1.8	30	4.95	83

Pese a que la Quebrada Chimitá, Río Frío, Quebrada La Iglesia y Quebrada Chapinero, poseen una concentración promedio de DBO5 de aproximadamente la mitad en comparación con los valores máximos dados en la subcuenca, se consideran significativas por encontrarse medianamente elevadas en comparación con los demás afluentes del Río de Oro: Quebrada La Riotoca, Río Lato y Quebrada Cuyamitá.

Los valores promedios históricos de DBO5 en el Río de Oro son medios y presentan una diferencia entre sus extremos de 19 miligramos de O2 por litro.

En cuanto al comportamiento de las desviaciones estándar, solo en dos casos denota gran dispersión de los datos, Río de Oro Medio (RO4B) y Quebrada La Picha, y un tercer caso en menor proporción se da con la Quebrada La Iglesia.

Pese a que los valores mínimos de algunas corrientes cumplen con las normas de calidad, su alta variabilidad no permite que se tomen en cuenta, en consecuencia tan solo cumplen el Estatuto Sanitario el Río de Oro a la altura de POP y RO4B, para clase 2, clase 3 y clase 4.

4.1.3 Fósforo Total

Las concentraciones promedias históricas de fósforo total en las corrientes del AMB, se encuentran en la tabla 17 junto a algunos estadísticos descriptivos.

Tabla 17. Estadísticos descriptivos del fósforo total en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	1.27	0.67	2.37	0.38	54
	LP01	3.58	0.64	11.5	1.73	54
	CH01	3.02	0.48	6.2	1.39	54
	LN01	3.49	0.4	7.08	1.57	53
	CY01	3.02	1.08	4.85	0.86	54
	CA01	3.08	0.17	16.82	1.62	229
	LI01	2.42	0.17	10.4	1.22	145
	RF1A	2.62	0.33	12.68	1.53	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	0.23	0.01	0.63	0.16	36
	LT01	0.41	0.02	1.65	0.22	239
	SO01	3.38	0.06	27.55	2.71	239
Río de Oro	ROP	0.71	0.01	94	6.2	228
	RO01	1.46	0.11	9	0.91	241
	RO4A	0.48	0.04	3.04	0.36	251
	RO4B	0.42	0.13	0.73	0.12	83

Las mayores concentraciones de fósforo en orden descendente se encuentran en los afluentes: Quebrada La Picha, Quebrada Las Navas y Quebrada Suratoque, seguidamente a las mismas con contribuciones significativas están: Quebrada Chimitá, Quebrada Chapinero y Cuyamita, Río Frío y Quebrada la Iglesia. En estas corrientes las desviaciones estándar presentadas sugieren que la dispersión de los valores no es muy grande, lo cual se atribuye a que el fósforo proviene de una fuente permanente para dichos puntos, en este caso residuos de jabón contenidos en las aguas residuales domésticas.

El único punto en el que se tienen una fuerte dispersión es en el primer punto del Río de Oro en estudio, ROP, causado por la gran diferencia entre los valores extremos de fósforo en este lugar.

4.1.4 Nitratos

En la tabla 18 se presentan los promedios históricos de nitratos de las corrientes en estudio, también incluye los valores máximos y mínimos para cada punto con su respectiva desviación estándar.

Tabla 18. Estadísticos descriptivos de los nitratos en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	3.31	0.16	7	1.3	54
	LP01	0.27	0	2.1	0.41	54
	CH01	0.52	0.02	2.41	0.43	54
	LN01	0.54	0.01	2.29	0.46	53
	CY01	1.03	0.05	4.9	1.03	54
	CA01	0.24	0	1.31	0.19	229
	LI01	0.17	0	1.32	0.19	145
	RF1A	0.20	0	1.53	0.17	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	0.71	0.05	1.7	0.3	36
	LT01	0.36	0	1.49	0.27	239
	SO01	0.1	0	0.85	0.13	239
Río de Oro	ROP	0.29	0.01	1.22	0.23	228
	RO01	1.10	0.03	100.65	6.88	241
	RO4A	0.87	0.01	11.54	1.10	251
	RO4B	0.58	0.15	1.16	0.17	83

La Quebrada La Argelia posee el valor máximo de concentración promedio histórica de nitratos, seguidamente se encuentran con una concentración aproximadamente 3 veces menor, los siguientes afluentes del Río de Oro: Quebrada Cuyamita y Quebrada Ruitoca, y adicionalmente 2 puntos sobre el Río de Oro: antes de la confluencia con el Río Suratá, RO01 y punto anterior a la confluencia con el Río Frío, RO4A. En estos puntos se presentan valores pico de concentraciones máximas, se da probablemente por lixiviación de fertilizantes, teniendo en cuenta que en las zonas aferentes dichos puntos se desarrollan actividades de tipo agrícola.

Analizando las variancias en los nitratos se observa como dato importante, la existencia de una gran dispersión en los valores históricos de este parámetro en el punto final del Río de Oro antes de su unión con el Río Suratá, lo anterior se presenta porque el valor máximo encontrado supera al mínimo 100 veces más, convirtiéndose este dato en un dato atípico que puede reflejar alguna contaminación puntual muy significativa obedece a un error en el ingreso del dato al sistema corporativo de la CDMB.

Obviando el dato atípico y analizando los demás con respecto a las normas de calidad, todas las corrientes en todas sus mediciones cumplen con los estándares del decreto 1594 para uso para consumo humano tanto para tratamiento convencional como para desinfección, pues los valores máximos, mínimos y promedios se encuentran dentro de las normas. No se realizó comparación con el Estatuto Sanitario porque la norma no exige nada respecto a nitratos.

4.1.5 Nitritos

El comportamiento histórico de los nitritos durante el periodo de estudio se condensa en la tabla 19, donde se presentan las concentraciones medias, máximos y mínimas, y adicionalmente la desviación estándar de los datos en cada uno de los puntos de monitoreo de la subcuenca.

Tabla 19. Estadísticos descriptivos de los nitritos en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	0.31	0.003	2.67	0.55	54
	LP01	0.07	0	0.91	0.15	54
	CH01	0.24	0.05	0.87	0.15	54
	LN01	0.49	0	8.15	1.1	53
	CY01	1.15	0.05	3.65	0.77	54
	CA01	0.28	0	2	0.28	229
	LI01	0.23	0	1.15	0.23	145
Afluentes Río de Oro Medio	RF1A	0.14	0	0.95	0.17	242
	LR02	0.05	0.01	0.2	0.05	36
	LT01	0.17	0	5.95	0.41	239
Río de Oro	SO01	0.07	0	0.63	0.09	239
	ROP	0.11	0.003	0.61	0.1	228
	RO01	0.38	0	1.1	0.22	241
	RO4A	0.25	0.001	1.68	0.3	251
	RO4B	0.2	0.04	0.48	0.08	83

De los valores promedio históricos de este parámetro sobre sale el presentado en la Quebrada Cuyamita, además porque se presenta una dispersión medianamente baja.

Adicionalmente al valor en la Quebrada Cuyamita existen otros valores elevados, aunque estén por debajo con más de la mitad del encontrado en esta corriente, los cuales corresponden en el orden de mayor a menor a los siguientes puntos o corrientes: Quebrada Las Navas, Río de Oro a la altura RO01, Quebrada La Argelia, Quebrada Chimitá, Río de Oro medio a la altura de RO4A y Quebrada La Iglesia.

Los valores promedios altos en las corrientes mencionadas anteriormente, causan un impacto significativo en la fauna acuática, por otra parte contribuye en procesos de eutrofización de la subcuenca y aumento de procesos biológicos en el agua.

Existe gran variabilidad solo en los valores históricos de nitritos en la Quebrada Las Navas, pues la desviación estándar difiere mucho del valor promedio, por la existencia de valores muy extremos en este punto.

Los siguientes corrientes cumplen con las normas establecidas en el decreto 1594 para uso para consumo domestico en ambas condiciones; tratamiento convencional y desinfección, pues las concentraciones se encuentran por debajo de 1 mg/L, las fuente hídricas son: Quebrada La Picha, Quebrada Chapinero, Río Frío, Quebrada La Ruitoca, Río de Oro a la altura de ROP y RO4B.

4.1.6 Nitrógeno Total Kjeldahl NTK

Las concentraciones promedio, máximas y mínimas históricas de nitrógeno total kjeldahl en las fuentes superficiales del AMB se condensan en la tabla 20

Tabla 20. Estadísticos descriptivos de nitrógeno total Kjeldahl en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	2.93	0.84	11.1	2.28	54
	LP01	21.89	5.15	42.67	9.66	54
	CH01	16.71	3.52	46.5	8.31	54
	LN01	22.33	3.42	41.5	9.45	53
	CY01	12.52	1.22	23.9	4.43	54
	CA01	19.77	7.6	245.04	16.18	229
	LI01	16.36	1.57	60	6.87	145
Afluentes Río de Oro Medio	RF1A	17.16	2.21	184.84	13.96	242
	LR02	1.82	0.5	4.7	1.04	36
	LT01	4.36	0.56	98.36	6.45	239
Río de Oro	SO01	28.3	1.1	76.72	20.16	239
	ROP	3.13	0.56	20	1.66	228
	RO01	8.31	1.7	25.04	3.63	241
	RO4A	2.97	0.48	24.97	1.98	251
	RO4B	3.95	2.31	8.56	1.05	83

Las corrientes de la escarpa de Bucaramanga presentan valores promedio elevados en este parámetro, excepto la Quebrada La Argelia que tiene una concentración media baja en relación con las demás corrientes.

Por otra parte, en la Quebrada Suratoque se presenta el valor máximo promedio nitrógeno total kjeldahl, asociado a la urea como componente de vertimientos directo de las aguas residuales del municipio de Piedecuesta, posteriormente con valores elevados igualmente se encuentran: Quebrada Las Navas, Quebrada La Picha, Quebrada Chimitá, Quebrada Chapinero y Quebrada Cuyamita.

En lo que respecta a las desviaciones estándar se tienen que no supera las concentraciones medias, únicamente se supera para el Río Lato pero en una mínima cantidad, lo que muestra que los valores no se encuentran tan dispersos.

4.1.7 Oxígeno Disuelto

El comportamiento del oxígeno disuelto durante el periodo de estudio, se encuentra de inmerso de manera resumida en la tabla 21, en la que se presentan los estadísticos descriptivos para este parámetro en los diferentes puntos de las corrientes del AMB.

Tabla 21 Estadísticos descriptivos del oxígeno disuelto en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	6.16	3.7	7.4	0.82	54
	LP01	1.54	0.4	6.5	1.66	54
	CH01	5.37	2.8	7.4	1.05	54
	LN01	4.12	1.1	7	1.37	53
	CY01	5.21	2.9	7.4	0.79	54
	CA01	5.05	0.6	8	1.13	229
	LI01	4.56	0	7	1.31	145
	RF1A	3.28	0	7.8	1.90	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	5.57	1.10	7.4	1.55	36
	LT01	6.35	0	8	0.83	239
	SO01	2.43	0	8.3	2.15	239
Río de Oro	ROP	7.07	5	9.1	0.67	228
	RO01	4.94	0.7	7	1.09	241
	RO4A	6.9	4.5	8.3	0.63	251
	RO4B	5.66	3.9	6.9	0.69	83

Los valores medios históricos de oxígeno disuelto más bajos se registran en: Quebrada La Picha, Quebrada Suratoque y Río Frío, y los máximos valores promedio se presentan en: Río de Oro a la altura de ROP, Río de Oro Medio a la altura de RO4A y Río Lato, en los demás puntos se presentan concentraciones de oxígeno intermedias que van de 4 a 5 mg/L.

Es importante destacar la evolución del oxígeno disuelto a lo largo del Río de Oro, pues inicia con un buen contenido de oxígeno disuelto en el punto ROP, que disminuye considerablemente después de recibir la contribución de la Quebrada Suratoque; la cual cuenta con bajo contenido de oxígeno, a la altura del punto RO4B, en el punto de muestreo siguiente el Río se recupera y aumenta la concentración de oxígeno a la altura de RO4A, sin embargo aguas abajo del mismo, al recoger las contribuciones de las microcuencas Río Frío y Río de Oro bajo, disminuye la cantidad de este parámetro en el agua, para finalmente terminar en RO01 con una pérdida total de 2.13 mg/L.

Los datos de oxígeno disuelto en las corrientes de la subcuenca no presentan variaciones significativas, que analizando las desviación estándares se observa que no superan los valores medios en ninguno de los puntos.

4.1.8 pH

La variación histórica de pH en las corrientes superficiales de la Subcuenca del Río de Oro se encuentra descrita en la tabla 22. En esta tabla aparecen los valores medios, máximos y mínimos de pH, junto con la desviación estándar de los datos obtenidos para las diferentes fuentes hídricas.

Tabla 22. Estadísticos descriptivos de los valores de pH en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	7.68	5	8.21	0.55	54
	LP01	7.53	7	8	0.21	54
	CH01	7.75	7.35	8.1	0.22	54
	LN01	7.62	7.07	8.116	0.25	53
	CY01	7.8	7.4	8.09	0.19	54
	CA01	7.69	6.5	8.2	0.27	229
	LI01	7.65	6.8	8.4	0.3	145
	RF1A	7.43	6.6	8.5	0.27	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	7.25	6.74	7.53	0.18	36
	LT01	7.45	6	8.2	0.34	239
	SO01	7.39	6.1	7.9	0.25	239
Río de Oro	ROP	7.37	6.3	8.2	0.34	228
	RO01	7.45	6.5	8.2	0.27	241
	RO4A	7.46	6.3	8.6	0.36	251
	RO4B	7.52	7	8.1	0.19	83

Los valores promedios históricos de pH en las diferentes corrientes son muy homogéneos, de ahí que las desviaciones estándar sean tan bajas, y se encuentran alrededor del valor neutral. El rango de variación de este parámetro es mínimo pues se encuentra aproximadamente entre 6 y 8, siendo un pH normal para cursos de agua, sin embargo en la Quebrada La Argelia posee un valor mínimo relativamente bajo, correspondiente a 5 unidades de pH presentado durante los meses marzo y abril de 2002. Este valor puede ser corrosivo para algunos metales y puede provocar reacciones de disolución de sales presentes en las rocas, no obstante no es perdurable en la corriente, ya que su valor promedio es de 7.6 unidades de pH, por lo cual no se causa perjuicios a la quebrada ni al cuerpo receptor de la misma.

Por otra parte, en la desembocadura del Río de Oro, se presenta un valor máximo de pH cercano a 9, valor límite para diversos usos según el Decreto 1594 y el Estatuto Sanitario de la CDMB.

Los valores de pH de todas las corrientes cumplen con lo establecido en el decreto 1594, para las siguientes destinaciones del recurso: uso para consumo humano con tratamiento convencional, uso agrícola y uso por contacto primario y secundario, y a su vez los siguientes usos según lo establecido en el Estatuto Sanitario: consumo humano mediante tratamiento convencional o desinfección, y uso pecuario y agrícolas con restricciones.

4.1.9 Sólidos Suspendidos Totales

La tabla 23 contiene la información histórica de los sólidos suspendidos totales en las corrientes de la subcuenca en estudio.

La menor cantidad de sólidos suspendidos totales en promedio durante el tiempo de estudio se encuentra en la Quebrada La Argelia y el valor máximo promedio se encuentra en Quebrada Chimitá, producto de la afectación puntual que generó de un valor pico en febrero de 1999. Adicionalmente, se tienen valores medianamente altos en: Quebrada La Iglesia, Río Frío y Río de Oro a la altura de RO01.

Otros valores promedios significativos se presentan en los afluentes: Quebrada La Iglesia y Río Frío, así como en el punto final del Río de Oro. Las demás corrientes poseen valores intermedios, todos con gran variabilidad pues existe mucha diferencia entre estos valores y la desviación estándar.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de los sólidos suspendidos totales en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	13.83	4	108	15.64	54
	LP01	107.75	16	460	91.58	54
	CH01	41.07	9	260	46.97	54
	LN01	87.68	0.29	820	122.22	53
	CY01	131.66	10	1128	196.7	54
	CA01	808.81	56	11220	1094.47	229
	LI01	340.06	12	6140	604.41	145
	RF1A	304.11	5	2984	398.1	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	75.53	4	1002	166.04	36
	LT01	71.05	6	2280	201.28	239
	SO01	149.96	10	1936	190.54	239
Río de Oro	ROP	97.37	4	3570	279.03	228
	RO01	356.65	11	8280	826.19	241
	RO4A	181.09	3	3300	389.75	251
	RO4B	91.66	5	1392	194.77	83

4.1.10 Temperatura del agua

La temperatura del agua en los cuerpos de hídricos pertenecientes a la Subcuenca del Río de Oro, recibe el comportamiento histórico detallado en la tabla 24, en cuanto a los valores medios, mínimos y máximos en cada corriente.

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de las temperaturas del agua en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	31.96	19	24.7	1.48	54
	LP01	24.36	21	28	1.65	54
	CH01	23.91	21	27	1.3	54
	LN01	23.92	20	27	1.49	53
	CY01	22.93	20	26.6	1.45	54
	CA01	24.75	18	31	2.29	229
	LI01	24.17	17	30	2.22	145
	RF1A	25.85	18	31	2.16	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	21.55	19	23.7	1.48	36
	LT01	27.01	22	39.4	2.22	239
	SO01	23.02	17	27	1.96	239
Río de Oro	ROP	19.43	14	27	1.94	228
	RO01	24.78	18	30	2.13	241
	RO4A	22.98	19	27	1.7	251
	RO4B	21.81	19	25.2	1.65	83

Las temperaturas de las corrientes analizadas son muy homogéneas, los valores promedios se encuentran en un rango de 19°C a 32°C y presentan desviaciones estándar pequeñas, por lo cual no se dan diferencias significativas entre las fuentes hídricas.

4.1.11 Turbiedad

En la tabla 25 se presentan las concentraciones medias históricas de turbiedad en la Subcuenca del Río de Oro.

Tabla 25. Estadísticos descriptivos de la turbiedad en la Subcuenca del Río de Oro.

Punto de Monitoreo		Media	Mínimo	Máximo	Desviación Estándar	Número de mediciones por punto
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	11.59	3	225	30.21	54
	LP01	143.65	10	1400	230.27	54
	CH01	28.48	8	310	43.54	54
	LN01	40.77	7	275	43.02	53
	CY01	61.61	4	400	81.6	54
	CA01	229.83	13.86	3400	295.33	229
	LI01	134.08	6.8	2480	282.23	145
	RF1A	129.22	12	2240	205.03	242
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	74.94	10	840	140.36	36
	LT01	37.34	4.4	600	69.33	239
	SO01	81.95	5.5	1100	107.58	239
Río de Oro	ROP	36.81	3.3	850	75.09	228
	RO01	170.23	8	5000	412.67	241
	RO4A	108.04	1.7	2400	256.04	251
	RO4B	49.36	5	520	83.85	83

El valor máximo promedio de turbiedad se observa en la Quebrada Chimitá y se encuentra asociado a los sólidos suspendidos totales, en donde esta

quebrada también obtuvo el máximo valor, lo anterior como consecuencia de un evento de contaminación puntual en febrero de 1999, por otra parte teniendo en cuenta que los nitratos se encontraban con un concentración significativa para entonces, se puede deducir que la contaminación dada es de tipo natural, derivada de procesos erosivos por fuertes lluvias.

Las siguientes corrientes también presentan un valor elevado de turbiedad promedio: Quebrada La Iglesia y Río Frío, y al igual que la Quebrada Chimitá esta ligada a los sólidos suspendidos totales en donde obtuvieron un valor significativo, a diferencia de estas fuentes la turbiedad en La Quebrada La Picha se alude presuntamente al contenido de coliformes fecales, pues en este parámetro la corriente tiene valores altos.

Finalmente en el último punto del Río de Oro se presenta un valor promedio relativamente alto, el cual refleja de cierta forma las afectaciones de las corrientes anteriores al punto.

Este parámetro tiene variabilidad en sus valores a lo largo del periodo estudiado, puesto que se presenta diferencias entre los valores medios y las desviaciones estándar para todos los casos.

4.2 Análisis de Correlación Subcuenca Río de Oro

El análisis de correlación en la subcuenca se efectúa para establecer el tipo de relación o grado de asociación, entre las variables o parámetros de calidad en cada corriente hídrica superficial del AMB.

4.2.1 Quebrada La Picha

La estructura de la matriz de correlaciones para la Quebrada la Picha, tabla 26, sugiere una fuerte correlación positiva entre los siguientes parámetros: turbiedad y DBO5, $r=0.86$, y oxígeno disuelto y nitratos, $r=0.71$, por lo indica que el origen de generación es el mismo. Por otra parte existen otras relaciones significativas y de carácter positivo, entre los parámetros: nitritos y nitratos, $r=0.57$, y nitritos y oxígeno disuelto, $r=0.52$. Este comportamiento denota la gran afectación causada a la corriente por disposición de aguas residuales domésticas y el esfuerzo de que la fuente realiza en cuanto a su proceso de autodepuración.

Tabla 26. Matriz de Correlación Quebrada La Picha

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	-0.04	1.00									
Ftot	0.09	0.32	1.00								
Nitra	-0.01	-0.06	0.10	1.00							
Nitri	-0.11	-0.05	-0.10	0.57	1.00						
NKJ	0.28	0.19	0.29	-0.31	-0.25	1.00					
OD	-0.04	-0.09	-0.21	0.71	0.52	-0.32	1.00				
pH	0.00	-0.22	-0.07	0.05	0.15	0.29	0.09	1.00			
SST	-0.09	0.36	0.00	0.31	0.23	-0.11	0.15	-0.33	1.00		
Tagu	-0.30	0.37	0.40	0.08	-0.07	-0.27	-0.14	-0.31	0.20	1.00	
Turb	0.16	0.86	0.26	0.05	0.04	0.14	-0.02	-0.20	0.51	0.25	1.00

4.2.2 Quebrada Chapinero

En la matriz de correlación de la Quebrada Chapinero que se muestra en la tabla 27, se observa que las siguientes parejas de parámetros están correlacionadas linealmente de manera positiva: sólidos suspendidos totales y DBO5, $r=0.8$, NTK y DBO5, $r=0.72$ y NTK y fósforo, $r=0.75$, y de manera negativa se relaciona el oxígeno disuelto y la DBO5, $r=-0.71$.

Lo anterior evidencia que la materia orgánica presente en esta quebrada se asocia al contenido de sólidos suspendidos en las misma y al nitrógeno de origen orgánico y amoniacal, el cual a su vez se relaciona con el fósforo, lo cual apunta a que la corriente no solo se afecta por las descargas domésticas, sino también se le dificulta la asimilación de jabones e inicio de actividad microbiana que aporte con procesos de autodepuración a la quebrada.

Tabla 27. Matriz de Correlación Quebrada Chapinero

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.14	1.00									
Ftot	0.03	0.56	1.00								
Nitr	-0.03	-0.38	-0.70	1.00							
Nitr	0.07	-0.17	-0.60	0.59	1.00						
NKJ	0.15	0.72	0.75	-0.59	-0.41	1.00					
OD	-0.18	-0.71	-0.62	0.55	0.31	-0.69	1.00				
pH	0.10	-0.19	0.26	-0.25	-0.25	0.20	-0.01	1.00			
SST	0.16	0.80	0.23	-0.10	0.13	0.46	-0.53	-0.42	1.00		
Tagu	0.15	0.11	0.20	0.01	-0.21	0.11	-0.06	-0.14	0.05	1.00	
Turb	0.04	0.26	-0.07	0.22	0.11	-0.01	0.01	-0.32	0.50	0.09	1.00

4.2.3 Quebrada Las Navas

En la tabla 28 se encuentra la matriz de correlación para la Quebrada Las Navas y de la misma se resalta la existencia de correlación positiva entre varios de los parámetros de calidad, como son: SST y turbiedad, $r=0.93$, NTK y fósforo, $r=0.79$, DBO5 y SST, $r=0.73$, coliformes fecales y SST, $r=0.72$, DBO5 y turbiedad, $r=0.65$ y finalmente coliformes fecales y turbiedad, $r=0.63$. Adicionalmente, se observa relaciones negativas significativas, NTK y nitratos, $r=-0.6$ y NTK y OD, $r=-0.62$.

A diferencia de la corriente anterior, en la Quebrada Las Navas el contenido de materia orgánica esta ligado adicionalmente a la cantidad de coliformes fecales, afectando la turbiedad y la disponibilidad de oxígeno disuelto en la misma. Sin embargo, la causa de estas relaciones son las mismas, descargas de aguas residuales domésticas, pero se evidencia un componente diferente de contaminación, propuesto por la correlación entre NTK y fósforo, que por las relaciones negativas existentes se descarta su procedencia natural y deja ver el efecto causado por las descargas del parque industrial segunda etapa, donde

principalmente contribuyen dos empresas procesadoras de alimentos, a partir de subproductos de plantas de beneficio de aves.

Tabla 28. Matriz de Correlación Quebrada Las Navas

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.40	1.00									
Ftot	0.27	0.52	1.00								
Nitra	-0.18	-0.33	-0.49	1.00							
Nitri	-0.07	-0.23	-0.17	-0.01	1.00						
NKJ	0.21	0.57	0.79	-0.60	0.14	1.00					
OD	-0.30	-0.47	-0.46	0.56	-0.14	-0.62	1.00				
pH	-0.10	-0.43	0.02	0.13	0.02	-0.07	0.35	1.00			
SST	0.72	0.73	0.39	-0.16	-0.15	0.33	-0.45	-0.41	1.00		
Tagu	-0.03	0.28	0.27	0.01	-0.23	0.20	-0.13	-0.26	0.11	1.00	
Turb	0.63	0.65	0.23	-0.16	-0.06	0.24	-0.37	-0.44	0.93	0.05	1.00

4.2.4 Quebrada La Argelia

En la tabla 29 se presenta la matriz de correlación entre las 11 variables medidas en el punto de monitoreo AR01. En esta se observa una alta correlación positiva, $r=0.7$, entre las variables Nitrógeno Kjeldalh y DBO5, y de igual manera entre la turbiedad y los sólidos suspendidos, $r=0.86$, por lo cual la presencia de materia orgánica tiene origen en procesos erosivos del suelo y lixiviación de fertilizantes, porque a su vez la corriente no presenta concentraciones muy altas de DBO5.

Por otra parte, el Oxígeno disuelto y la DBO5 describen una relación negativa, $r=-0.73$, esto indica que las dos variables varían en sentidos opuestos, es decir que mientras la DBO5 aumenta el Oxígeno disuelto disminuye. Adicionalmente, el Oxígeno disuelto y Nitrógeno Kjeldalh se correlacionan de significativamente $r=-0.63$, lo cual indica que la disminución del oxígeno en la Quebrada La Argelia se presenta por causas naturales, pues en el análisis descriptivo de la variables se observó que las concentraciones DBO5 son relativamente pequeñas.

Tabla 29. Matriz de Correlación Quebrada La Argelia

MATRICE DES CORRELATIONS AR01											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NTK	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.27	1.00									
Ftot	-0.09	0.05	1.00								
Nitra	-0.24	-0.27	-0.19	1.00							
Nitri	0.38	0.48	-0.02	-0.36	1.00						
NTK	0.45	0.70	0.03	-0.35	0.49	1.00					
OD	-0.16	-0.73	-0.37	0.37	-0.54	-0.63	1.00				
pH	0.10	-0.02	0.07	0.09	0.06	-0.11	0.07	1.00			
SST	0.04	0.29	-0.17	0.16	0.21	0.14	-0.13	0.00	1.00		
Tagu	0.27	0.28	0.29	-0.06	0.40	0.34	-0.48	0.14	-0.07	1.00	
Turb	0.07	0.13	-0.16	0.08	0.34	0.06	-0.06	0.00	0.86	-0.13	1.00

4.2.5 Quebrada Cuyamita

Las correlaciones entre los parámetros de calidad en la Quebrada Cuyamita, tabla 30, son bajas y demuestran independencia entre las variables, excepto por la fuerte relación existente entre los sólidos suspendidos y la turbiedad, $r=0.91$ y en menor proporción la correlación negativa entre los nitratos y el NTK, $r=-0.54$, con lo cual se deduce que el origen principal de contaminación asociado a la corriente es de origen natural, dado porque esta corriente se asienta sobre terrenos limo-arenosos y se encuentra rodeada de taludes con altas pendientes, permitiendo que en eventos de lluvias fácilmente se realicen afectaciones a la corriente.

Tabla 30. Matriz de Correlación Quebrada Cuyamita

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.22	1.00									
Ftot	0.01	0.47	1.00								
Nitra	-0.12	-0.09	0.04	1.00							
Nitri	-0.16	0.01	0.19	0.45	1.00						
NKJ	0.06	0.20	0.29	-0.54	-0.36	1.00					
OD	-0.28	-0.47	-0.46	0.23	-0.03	-0.49	1.00				
pH	-0.14	0.24	0.14	-0.08	0.09	-0.08	0.18	1.00			
SST	0.18	0.25	0.16	0.33	0.04	0.01	-0.28	0.05	1.00		
Tagu	0.34	0.21	0.10	-0.31	0.06	0.09	-0.30	0.24	0.07	1.00	
Turb	0.23	0.25	0.07	0.39	0.03	-0.12	-0.08	0.05	0.91	0.00	1.00

4.2.6 Quebrada Chimitá

En la Quebrada Chimitá la matriz de correlación, tabla 31, denuncia únicamente una correlación significativa de carácter positivo y negativo, positiva dada entre los SST y la turbiedad, $r=0.83$ y negativa entre la DBO5 y el oxígeno disuelto, $r=-0.73$, lo cual demuestra que en la quebrada se siente afectación más que por las aguas residuales domésticas, por la explotación de

material del cauce y desembocaduras de sus afluentes ubicadas antes del punto de muestreo.

Tabla 31. Matriz de Correlación Quebrada Chimitá

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.47	1.00									
Ftot	-0.05	0.21	1.00								
Nitr	-0.04	-0.05	-0.03	1.00							
Nitr	-0.22	-0.23	-0.01	-0.16	1.00						
NKJ	0.11	0.23	0.11	-0.05	-0.15	1.00					
OD	-0.28	-0.73	-0.28	0.00	0.20	-0.29	1.00				
pH	-0.20	-0.14	0.14	0.10	-0.08	0.02	0.05	1.00			
SST	0.23	0.28	0.05	0.30	-0.16	-0.04	-0.27	-0.21	1.00		
Tagu	0.29	0.20	-0.01	-0.06	-0.21	0.16	-0.24	-0.11	0.11	1.00	
Turb	-0.02	0.05	0.10	0.20	0.00	-0.03	-0.10	-0.16	0.83	-0.03	1.00

4.2.7 Quebrada La Iglesia

En la tabla 32 se observan correlaciones significativas entre las siguientes parejas de variables: SST y turbiedad, $r=0.85$, NTK y fósforo, $r=0.64$, y NTK y DBO5, $r=0.53$, de la Quebrada La Iglesia.

El contenido de sólidos suspendidos que afectan la turbiedad de la quebrada, obedece a valores típicos de aguas residuales domésticas. Las demás asociaciones de variables están dadas por la afectación del vertimiento de los lixiviados del Carrasco, que en este caso deja ver sus características de fertilizante, y por la dificultad de la corriente en la remoción de jabones característicos de los vertimientos domésticos.

Tabla 32. Matriz de Correlación Quebrada La Iglesia

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.22	1.00									
Ftot	0.21	0.47	1.00								
Nitr	0.08	-0.01	-0.09	1.00							
Nitr	-0.34	-0.17	-0.13	0.14	1.00						
NKJ	0.29	0.53	0.64	-0.14	-0.25	1.00					
OD	-0.43	-0.40	-0.24	0.12	0.29	-0.40	1.00				
pH	-0.05	-0.26	-0.09	0.10	0.12	-0.08	0.09	1.00			
SST	0.22	0.28	0.25	0.01	-0.18	0.09	-0.25	-0.08	1.00		
Tagu	0.43	0.11	0.18	0.14	-0.38	0.31	-0.39	-0.04	0.03	1.00	
Turb	0.08	0.22	0.16	0.07	-0.10	0.02	-0.06	-0.01	0.85	-0.12	1.00

4.2.8 Río Frío

La tabla 33 muestra las correlaciones entre las variables de calidad en el Río Frío, siendo significativa la relaciones positivas entre: SST y turbiedad, $r=0.75$,

y nitratos y oxígeno disuelto, $r=0.56$, y negativa entre los parámetros: DBO5 y oxígeno disuelto. El origen de contaminación que se evidencia con estas relaciones es la recepción del efluente de la PTAR de Río Frío, puesto que se han dado procesos de transformación del nitrógeno y los sólidos suspendidos propios de estas descargas.

Tabla 33. Matriz de Correlación Río Frío

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.37	1.00									
Ftot	0.23	0.31	1.00								
Nitr	-0.04	-0.09	-0.15	1.00							
Nitr	-0.25	-0.36	-0.18	-0.02	1.00						
NKJ	0.22	0.26	0.41	-0.10	-0.17	1.00					
OD	-0.19	-0.51	-0.39	0.22	0.56	-0.38	1.00				
pH	-0.04	-0.11	0.18	0.10	0.16	0.14	0.05	1.00			
SST	0.12	0.21	-0.12	0.13	-0.03	-0.10	0.15	-0.11	1.00		
Tagu	0.19	0.29	0.41	-0.02	-0.15	0.33	-0.42	0.14	-0.21	1.00	
Turb	-0.01	-0.03	-0.18	0.06	0.02	-0.14	0.22	-0.10	0.75	-0.29	1.00

4.2.9 Quebrada La Ruitoca

En la matriz de correlación de la Quebrada La Ruitoca, tabla 34, se observa la existencia de muchas correlaciones positivas con alta significación entre diversos parámetros, derivadas de los múltiples vertimientos de carácter pecuario y domésticos realizados a La Ruitoca.

La relación negativa presentada entre NTK y oxígeno disuelto, $r=-0.77$, es la evidencia de que la corriente no alcanza ni siquiera a iniciar el proceso de asimilación.

Tabla 34. Matriz de Correlación Quebrada La Ruitoca

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.28	1.00									
Ftot	0.35	0.57	1.00								
Nitr	0.31	-0.09	-0.09	1.00							
Nitr	-0.15	0.24	0.09	0.26	1.00						
NKJ	0.18	0.60	0.62	-0.39	0.08	1.00					
OD	0.13	-0.48	-0.47	0.58	0.00	-0.77	1.00				
pH	-0.25	0.00	-0.09	-0.30	0.09	0.02	-0.13	1.00			
SST	0.48	0.39	0.47	0.10	0.07	0.37	0.00	-0.14	1.00		
Tagu	0.28	-0.07	0.00	0.17	-0.33	-0.28	0.14	-0.06	-0.18	1.00	
Turb	0.50	0.39	0.47	0.13	0.11	0.35	0.03	-0.16	0.99	-0.21	1.00

4.2.10 Río Lato

En la matriz de correlaciones del Río Lato, tabla 35, se aprecia claramente la independencia entre las variables, únicamente existe relación significativa entre los contenidos de sólidos suspendidos totales y la turbiedad del río, seguramente causada por efectos de arrastre de material de las laderas aledañas a la corriente.

Tabla 35. Matriz de Correlación Río Lato

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.10	1.00									
Ftot	-0.03	0.04	1.00								
Nitr	-0.20	0.16	0.14	1.00							
Nitr	0.06	0.24	0.15	-0.07	1.00						
NKJ	0.00	0.07	0.06	0.06	0.05	1.00					
OD	-0.07	-0.31	-0.29	-0.30	-0.24	0.04	1.00				
pH	-0.10	-0.12	0.01	0.19	-0.01	-0.08	-0.01	1.00			
SST	0.03	0.09	0.06	0.01	-0.06	0.03	-0.11	-0.09	1.00		
Tagu	0.03	0.07	0.13	0.14	-0.01	0.06	-0.13	-0.01	-0.06	1.00	
Turb	0.06	0.08	0.07	-0.03	-0.08	0.00	-0.01	-0.15	0.88	-0.07	1.00

4.2.11 Quebrada Suratoque

En la Quebrada Suratoque se presenta muy buena correlación entre los parámetros: DBO5 y NTK, $r=0.93$, y SST y turbiedad, $r=0.87$, adicionalmente las siguientes asociaciones con una correlación menor: NTK y fósforo, $r=0.67$, DBO5 y fósforo, $r=0.64$, lo anterior se aprecia en la tabla 36. Estas relaciones son producto esencialmente de las descargas directas de las aguas residuales del casco urbano de Piedecuesta.

Tabla 36. Matriz de Correlación Quebrada Suratoque

	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.25	1.00									
Ftot	0.15	0.64	1.00								
Nitr	-0.01	-0.02	-0.04	1.00							
Nitr	-0.08	-0.12	-0.19	0.06	1.00						
NKJ	0.27	0.93	0.67	-0.05	-0.20	1.00					
OD	-0.13	-0.21	-0.32	0.27	0.26	-0.27	1.00				
pH	-0.04	0.03	0.12	-0.06	0.06	0.03	0.08	1.00			
SST	0.14	0.34	0.20	0.14	0.01	0.30	0.07	-0.02	1.00		
Tagu	0.16	0.28	0.28	-0.07	-0.16	0.33	-0.25	-0.22	0.18	1.00	
Turb	0.04	0.18	0.23	0.15	0.04	0.14	0.15	-0.06	0.87	0.12	1.00

4.2.12 Río de Oro

El estudio de matriz de correlación para el Río de Oro, está dado por los resultados para cada uno de los punto de monitoreo distribuidos a lo largo de la

corriente, comenzando ROP y terminado en el último punto antes de la confluencia con el Río Suratá llamado RO01.

- ROP

En este punto inicial del Río de Oro existe fuertes relaciones positivas entre las variables: fósforo y SST, $r=0.83$, y turbiedad y SST, $r=0.79$, y negativas entre: DBO5 y Oxígeno disuelto (ver tabla 37).

Teniendo en cuenta que la turbiedad está asociada finalmente al fósforo se presume que el origen de contribución es de tipo natural, además por que a la altura del punto son pocos los vertimientos realizados.

Tabla 37. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de ROP

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.46	1.00									
Ftot	0.01	-0.02	1.00								
Nitr	0.14	0.31	0.24	1.00							
Nitr	0.18	0.12	-0.06	0.06	1.00						
NKJ	-0.06	0.05	0.08	-0.13	0.02	1.00					
OD	-0.24	-0.51	0.06	-0.38	-0.26	-0.01	1.00				
pH	0.03	-0.04	-0.09	-0.10	-0.13	0.01	-0.08	1.00			
SST	-0.01	0.02	0.83	0.18	-0.13	0.11	0.06	-0.18	1.00		
Tagu	0.03	-0.05	0.02	-0.12	0.18	-0.01	0.06	-0.18	0.09	1.00	
Turb	-0.04	0.05	0.42	0.11	-0.13	0.15	0.01	-0.15	0.79	0.13	1.00

- RO4B

En este punto a diferencia del anterior la turbiedad se asocia al contenido de materia orgánica, pues se presentan correlaciones positivas entre: SST y turbiedad, $r=0.74$, y SST y DBO5, $r=0.55$, según lo observado en la tabla 38. Lo anterior demuestra que las características del Río de Oro después de las descargas de Piedecuesta se centran en los sólidos suspendidos totales y DBO5.

Tabla 38. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de RO4B

MATRICE DES CORRELATIONS	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.07	1.00									
Ftot	-0.03	0.17	1.00								
Nitr	-0.11	0.09	-0.08	1.00							
Nitr	-0.17	-0.06	0.28	0.19	1.00						
NKJ	-0.10	0.17	0.15	0.29	0.09	1.00					
OD	0.09	-0.40	-0.42	-0.08	-0.42	-0.14	1.00				
pH	-0.02	-0.11	-0.03	-0.06	0.14	-0.21	-0.16	1.00			
SST	0.05	0.55	0.16	-0.01	-0.41	0.18	-0.14	-0.30	1.00		
Tagu	0.22	0.07	0.23	-0.08	0.19	-0.06	-0.12	-0.05	-0.07	1.00	
Turb	0.09	0.40	0.18	0.13	-0.36	0.14	-0.08	-0.34	0.74	0.07	1.00

• RO4A

En este punto del Río se tiene un comportamiento similar de correlaciones al punto anterior (ver tabla 39), solo con la diferencia que se aprecia una relación negativa entre la DBO5 y el oxígeno disuelto, dejando ver que la corriente ha iniciado procesos de autodepuración.

Tabla 39. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de RO4A

MATRICE DES CORRELATIONS	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.32	1.00									
Ftot	0.04	0.28	1.00								
Nitr	0.27	0.08	0.06	1.00							
Nitr	0.13	-0.01	0.02	-0.05	1.00						
NKJ	0.14	0.47	0.21	-0.09	-0.04	1.00					
OD	-0.34	-0.52	-0.20	-0.37	0.01	-0.20	1.00				
pH	-0.09	-0.18	0.01	0.01	-0.11	-0.14	0.02	1.00			
SST	0.18	0.60	0.18	0.04	-0.10	0.47	-0.44	-0.22	1.00		
Tagu	-0.05	-0.15	0.08	-0.13	0.18	-0.08	0.29	0.04	-0.29	1.00	
Turb	0.07	0.52	0.25	-0.02	-0.11	0.40	-0.38	-0.19	0.88	-0.24	1.00

• RO01

Finalmente, en este punto desaparece la correlación entre los sólidos y la DBO5, perdurando la relación entre SST y turbiedad en la corriente, adicionalmente, se tiene como diferencia con el punto anterior que aparece una nueva relación negativa, dada entre los parámetros: NTK y oxígeno disuelto, $r=-0.59$ (ver tabla 40), que indica la disminución del oxígeno en este punto no es producto de contaminaciones cercanas al mismo y se convierte en la consecuencia de los vertimientos directos de aguas residuales de toda el Área Metropolitana.

Tabla 40. Matriz de Correlación Río de Oro a la altura de R001

MATRICE DES CORRELATIONS											
	ColF	DBO5	Ftot	Nitr	Nitr	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.23	1.00									
Ftot	-0.05	0.17	1.00								
Nitr	0.40	-0.02	-0.03	1.00							
Nitr	-0.14	-0.20	-0.13	-0.02	1.00						
NKJ	-0.01	0.37	0.29	-0.09	-0.27	1.00					
OD	-0.05	-0.50	-0.38	0.06	0.18	-0.59	1.00				
pH	-0.21	-0.15	-0.14	-0.10	-0.07	0.06	0.06	1.00			
SST	0.08	0.35	0.30	0.03	-0.26	0.18	-0.20	-0.21	1.00		
Tagu	0.11	0.02	-0.07	-0.02	0.04	0.04	-0.01	-0.12	-0.17	1.00	
Turb	0.01	0.22	0.42	0.02	-0.19	0.03	-0.15	-0.26	0.84	-0.18	1.00

La primera variable o Y1 se define como las características visuales que se pueden dar en la corriente por la materia orgánica y jabones en suspensión, y la segunda o Y2 por procesos biológicos de depuración en proceso de estabilización.

La tabla 41 resume las ecuaciones descritas anteriormente para cada uno de los puntos de estudio en la Subcuenca Río de Oro, como resultado principal de la aplicación de ACP a los datos de calidad en los afluentes y puntos sobre el Río de Oro.

Tabla 41. Coeficientes para las ecuaciones derivadas del ACP Río de Oro

Pto de Monitoreo		Y1 (Primera Componente)											Y2 (Segunda Componente)										
		ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	Nkj	OD	pH	SST	Tagu	Turb	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	Nkj	OD	pH	SST	Tagu	Turb
Afluentes Río de Oro Bajo	AR01	0,5	0,82	0,18	-0,5	0,76	0,82	-0,8	-0	0,27	0,54	0,23	0	-0,06	0,49	-0,3	-0,2	0,05	-0,2	0,03	-0,9	0,34	-0,9
	LP01	0,05	-0,86	-0,5	-0,1	0,03	-0	0,12	0,47	-0,6	-0,6	-0,9	-0,2	-0,11	-0,2	0,83	0,76	-0,6	0,82	-0	0,39	0,05	0
	CH01	-0,2	-0,82	-0,9	0,73	0,54	-0,9	0,84	-0,1	-0,6	-0,2	-0,1	0,14	0,44	-0,3	0,43	0,52	-0,1	-0,1	-0,7	0,76	0,08	0,69
	LN01	-0,6	-0,85	-0,7	0,54	0,12	-0,7	0,72	-0,8	-0,3	-0,3	-0,8	-0,4	-0,11	0,49	-0,6	0,23	0,6	-0,3	0,34	-0,5	0,05	-0,5
	CY01	-0,5	-0,72	-0,6	0,24	0,09	-0,5	0,78	-0,1	-0,5	-0,5	-0,4	-0	0,06	0,04	0,83	0,46	-0,6	0,18	0,08	0,68	-0,2	0,76
	CA01	0,58	0,8	0,25	0,11	-0,4	0,34	-0,8	-0,3	0,64	0,42	0,41	-0,2	-0,29	-0,1	0,47	0,13	-0,4	0,25	-0,2	0,71	-0,3	0,81
	LI01	0,6	0,69	0,65	-0,1	-0,5	0,72	-0,7	-0,2	0,52	0,5	0,36	-0,2	0,09	0,01	0,09	0,18	-0,3	0,2	0,01	0,77	-0,5	0,88
	RF1A	-0,4	-0,63	-0,7	0,22	0,53	-0,6	0,8	-0,1	0,26	-0,7	0,4	0,35	0,46	-0,1	0,06	-0,4	-0	-0,1	-0,4	0,84	-0,2	0,74
Afluentes Río de Oro Medio	LR02	0,46	0,76	0,8	-0,2	0,15	0,81	-0,5	-0,1	0,76	-0,2	0,75	0,61	-0,12	-0	0,77	0	-0,4	0,73	-0,5	0,46	0,26	0,48
	LT01	0,15	0,38	0,28	0,13	0,12	0,09	-0,4	-0,3	0,87	0,03	0,86	0,05	-0,45	-0,5	-0,5	-0,4	-0,1	0,67	-0,2	0,34	-0,4	0,41
	SO01	-0,4	-0,87	-0,8	0,05	0,28	-0,9	0,38	0,03	-0,5	-0,5	-0,4	-0,1	-0,07	-0,1	0,46	0,34	-0,2	0,58	-0	0,74	-0,1	0,8
Río de Oro	ROP	-0	-0,11	-0,8	-0,3	0,13	-0,2	0	0,27	-1	-0,1	-0,8	-0,6	-0,8	0,05	-0,6	-0,4	0,07	0,78	0,01	0,1	0,07	0,08
	RO4B	-0,1	-0,71	-0,3	-0,1	0,31	-0,4	0,29	0,45	-0,9	-0,1	-0,8	-0,2	0,22	0,6	0,22	0,8	0,26	-0,8	0,23	-0,2	0,3	-0,2
	RO4A	0,37	0,8	0,35	0,19	-0,1	0,6	-0,7	-0,3	0,87	-0,4	0,81	-0,6	0,01	0,06	-0,8	-0,1	0,33	0,47	-0,2	0,23	0,17	0,32
	RO01	0,17	0,65	0,6	0,02	-0,4	0,55	-0,7	-0,3	0,76	-0,1	0,7	0,36	-0,18	-0,1	0,47	0,11	-0,6	0,5	-0,5	0,4	-0,2	0,49

4.3 Análisis de Componentes Principales Subcuenca Río de Oro

Los resultados obtenidos al aplicar la técnica de ACP, a los datos históricos de calidad de la Subcuenca del Río de Oro, mediante el uso del software francés SPAD, se condensan en una representación gráfica del primer plano factorial del ACP, para cada uno de los diferentes afluentes del Río de Oro y los puntos ubicados sobre el mismo, gráfica o biplot que finalmente permitirá encontrar los factores ocultos que originan dependencia en los datos de estudio.

Este biplot corresponde a una proyección de las variables iniciales sobre dos dimensiones, constituidas por las dos componentes principales con la mayor varianza, que explican de la mejor manera los datos originales.

Es importante para el análisis del biplot la distancia de los vectores al centro del gráfico, pues si las variables están lejos del centro del gráfico y:

- a) Cerca unas de las otras, diremos que están positivamente correlacionadas (r cerca de 1).
- b) Ortogonales unas de las otras, entonces están no correlacionadas (r cerca de 0).
- c) Simétricamente opuestas con respecto al centro, entonces están negativamente correlacionadas (r cerca de -1).

O bien, si las variables están relativamente cerca del centro del gráfico, cualquier interpretación es arriesgada, y es necesario referirse a la matriz de correlaciones o a otros planos factoriales para interpretar los resultados.

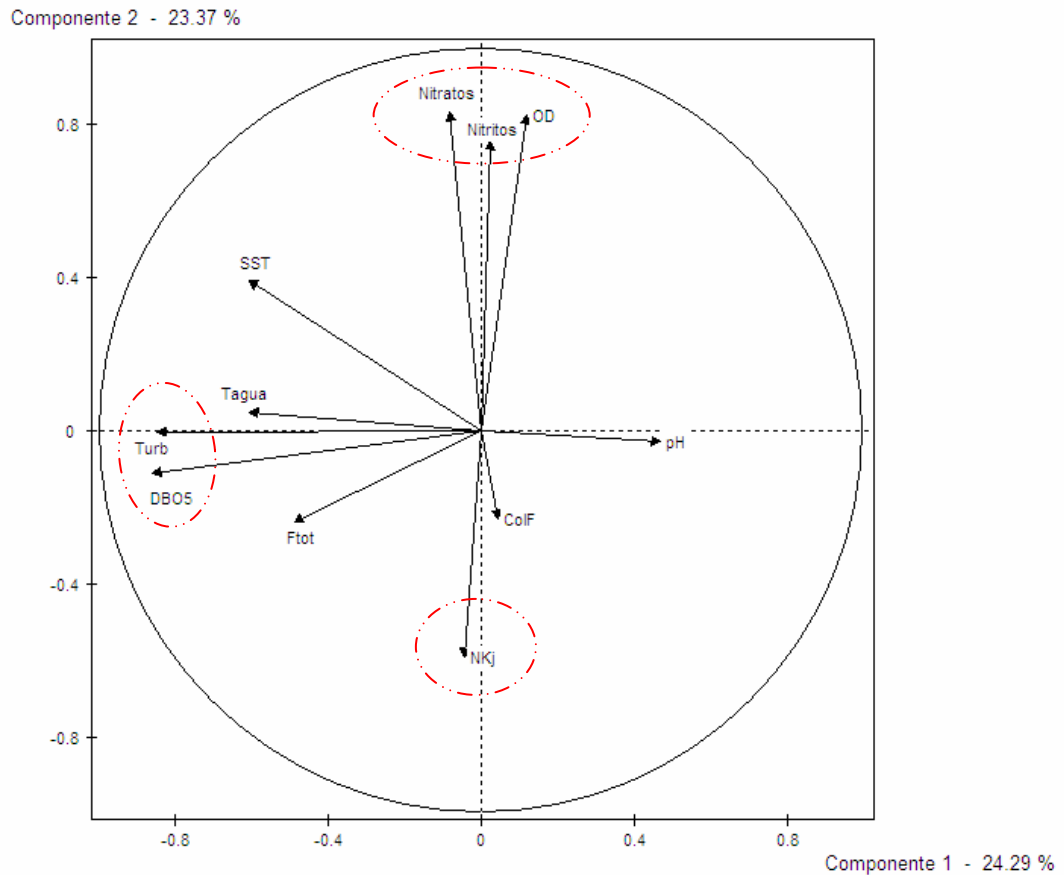
Seguidamente se muestran los resultados del ACP para cada uno de los puntos en estudio.

4.3.1 Quebrada La Picha

El ACP de La Quebrada la Picha permite explicar el 47.67 % de la varianza total, correspondiente 24.29 % para el primer componente y 23.37 % para el segundo. Esta información fue extraída del correspondiente el histograma de valores propios, el cual se encuentra el en Anexo A junto con los demás resultados arrojados por el programa.

La figura 26 muestra los componentes principales de la quebrada, donde el primer componente esta definido principalmente por los parámetros DBO5 y la turbiedad, en sentido negativo, y el segundo componente esta afectado por: nitratos, nitritos y oxígeno disuelto, coincidiendo con la matriz de correlación.

Figura 26. Biplot ACP Quebrada la Picha - Primer Plano Factorial



La coloración lechosa de la corriente se refleja en el primer componente principal, pues la turbiedad se asocia al contenido de materia orgánica en el agua, por su parte en el segundo componente el agrupamiento positivo, sugiere inestabilidad en el ciclo del nitrógeno por la elevada actividad microbológica.

El ACP entrega como resultado nuevas variables obtenidas a partir de las variables originales como combinación lineal de las mismas, en este caso tenemos las dos primeras componentes principales para la Quebrada La Picha quedan expresadas de la siguiente forma:

$$Y1 = 0.05 \text{ ColIF} - 0.86 \text{ DBO5} - 0.49 \text{ Ftot} - 0.08 \text{ Nitratos} + 0.03 \text{ Nitritos} - 0.04 \text{ NTK} + 0.12 \text{ OD} + 0.47 \text{ pH} - 0.6 \text{ SST} - 0.61 \text{ Tagua} - 0.85 \text{ Turb}$$

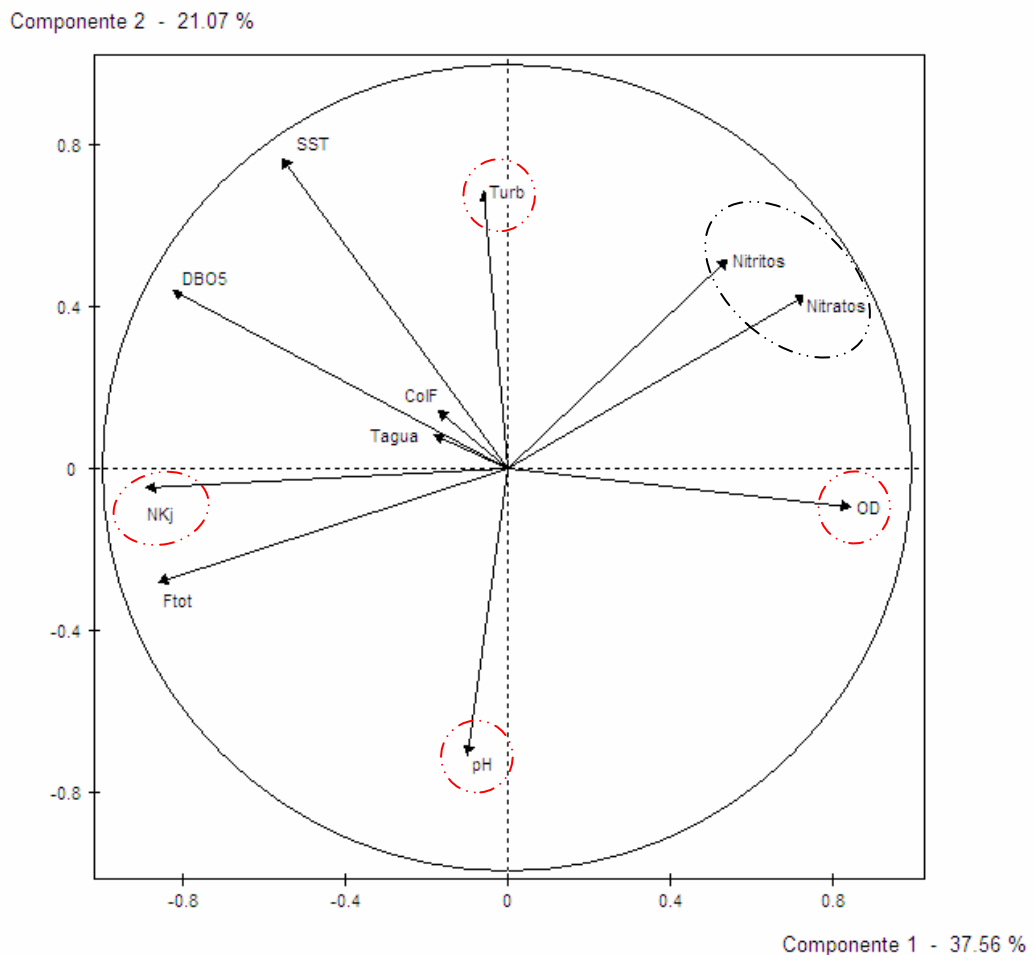
$$Y2 = -0.23 \text{ ColIF} - 0.11 \text{ DBO5} - 0.24 \text{ Ftot} + 0.83 \text{ Nitratos} + 0.76 \text{ Nitritos} - 0.59 \text{ NTK} + 0.82 \text{ OD} - 0.03 \text{ pH} + 0.39 \text{ SST} + 0.05 \text{ Tagua} - 0.0 \text{ Turb}$$

El primer componente (Y1) se define como las características visuales que se pueden dar en la corriente por la materia orgánica en suspensión y el segundo (Y2) por procesos biológicos activos e inestables en la corriente.

4.3.2 Quebrada Chapinero

El ACP para la Quebrada Chapinero se muestra en la figura 27, con una explicación total de la varianza del 58.63%, la primera componente con 37.56% definida en sentido positivo por el oxígeno disuelto y en sentido negativo por el Nitrógeno Total Kjeldahl, y la segunda componente con 21.07% determinada positivamente por la turbiedad y negativamente por el pH.

Figura 27. Biplot ACP Quebrada Chapinero - Primer Plano Factorial



En esta corriente el primer componente es similar al segundo componente de la Quebrada La Picha, sin embargo en éste pesa más el Nitrógeno Total Kjeldahl y el oxígeno disuelto, encontrándose ambos en sentido contrario e indicando que los procesos biológicos de depuración en la corriente se encuentran activos, en cuanto al segundo componente se asocia a la turbiedad de origen

natural, generada por lluvias que inciden de manera negativa en el pH de la fuente hídrica.

Las nuevas variables resultantes del análisis para la quebrada son:

$$Y1 = -0.2 \text{ ColF} - 0.82 \text{ DBO5} - 0.9 \text{ Ftot} + 0.73 \text{ Nitratos} + 0.54 \text{ Nitritos} - 0.9 \text{ NTK} + 0.84 \text{ OD} - 0.1 \text{ pH} - 0.6 \text{ SST} - 0.2 \text{ Tagua} - 0.1 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.14 \text{ ColF} + 0.44 \text{ DBO5} - 0.3 \text{ Ftot} + 0.43 \text{ Nitratos} + 0.52 \text{ Nitritos} - 0.1 \text{ NTK} - 0.1 \text{ OD} - 0.7 \text{ pH} + 0.76 \text{ SST} + 0.08 \text{ Tagua} - 0.69 \text{ Turb}$$

El primer componente (Y1) se define como procesos biológicos de depuración activos y el segundo (Y2) indica alteración de las características visuales de la corriente por acción natural.

4.3.3 Quebrada Las Navas

El ACP para la Quebrada Las Navas se recoge en la figura 28, la cual muestra las dos componentes principales con una explicación total de la varianza de 57.14%, distribuido en el 40.43% para la primera componente y 16.71% para la segunda.

La primera componente la define en dirección negativa el parámetro DBO5 y el segundo por nitritos, cabe mencionar que este vector esta cercano al centro de gravedad, lo cual dificulta la interpretación de la componente.

La DBO5 se afecta por dos agrupamientos pues se correlacionan con este parámetro, el primero esta definido por los parámetros DBO5, SST y coliformes fecales, y el segundo grupo integrado por nitrógeno total kjeldahl, por lo cual se presume que el primer componente constituye un indicador de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales.

El segundo componente está determinado por los nitritos presentes en la corriente, pero el origen de este parámetro provienen de la misma fuente de contaminación que los del primer componente, por lo cual de este componente indica la misma predicción.

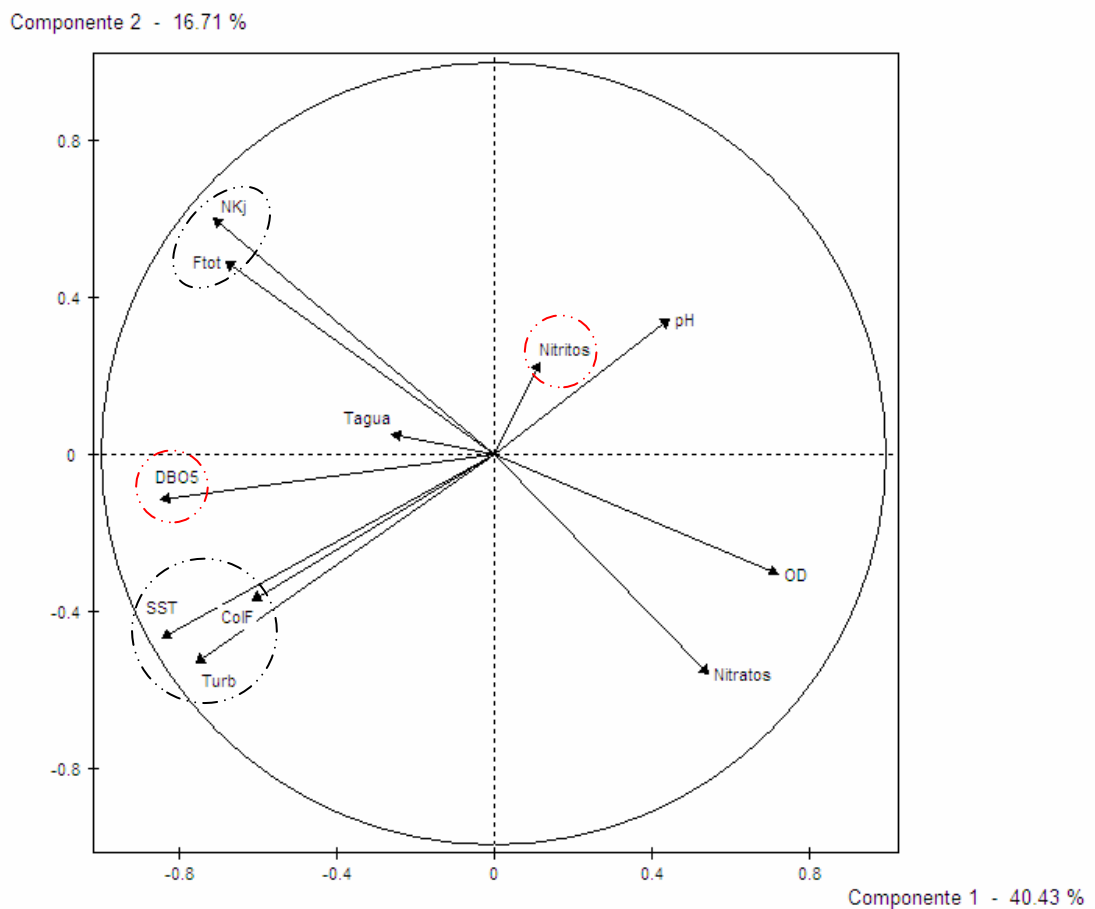
Las variables obtenidas para dos componentes principales en la quebrada, se muestran a continuación.

$$Y1 = -0.6 \text{ ColF} - 0.85 \text{ DBO5} - 0.7 \text{ Ftot} + 0.54 \text{ Nitratos} + 0.12 \text{ Nitritos} - 0.7 \text{ NTK} + 0.72 \text{ OD} - 0.8 \text{ pH} - 0.3 \text{ SST} - 0.3 \text{ Tagua} - 0.8 \text{ Turb}$$

$$Y2 = -0.4 \text{ ColF} - 0.11 \text{ DBO5} + 0.49 \text{ Ftot} - 0.6 \text{ Nitratos} + 0.26 \text{ Nitritos} + 0.6 \text{ NTK} - 0.3 \text{ OD} + 0.34 \text{ pH} - 0.5 \text{ SST} + 0.05 \text{ Tagua} - 0.5 \text{ Turb}$$

Según lo descrito anteriormente Y1 se define como la incidencia de las descargas de aguas residuales domésticas e industriales en la corriente.

Figura 28. Biplot ACP Quebrada Las Navas- Primer Plano Factorial

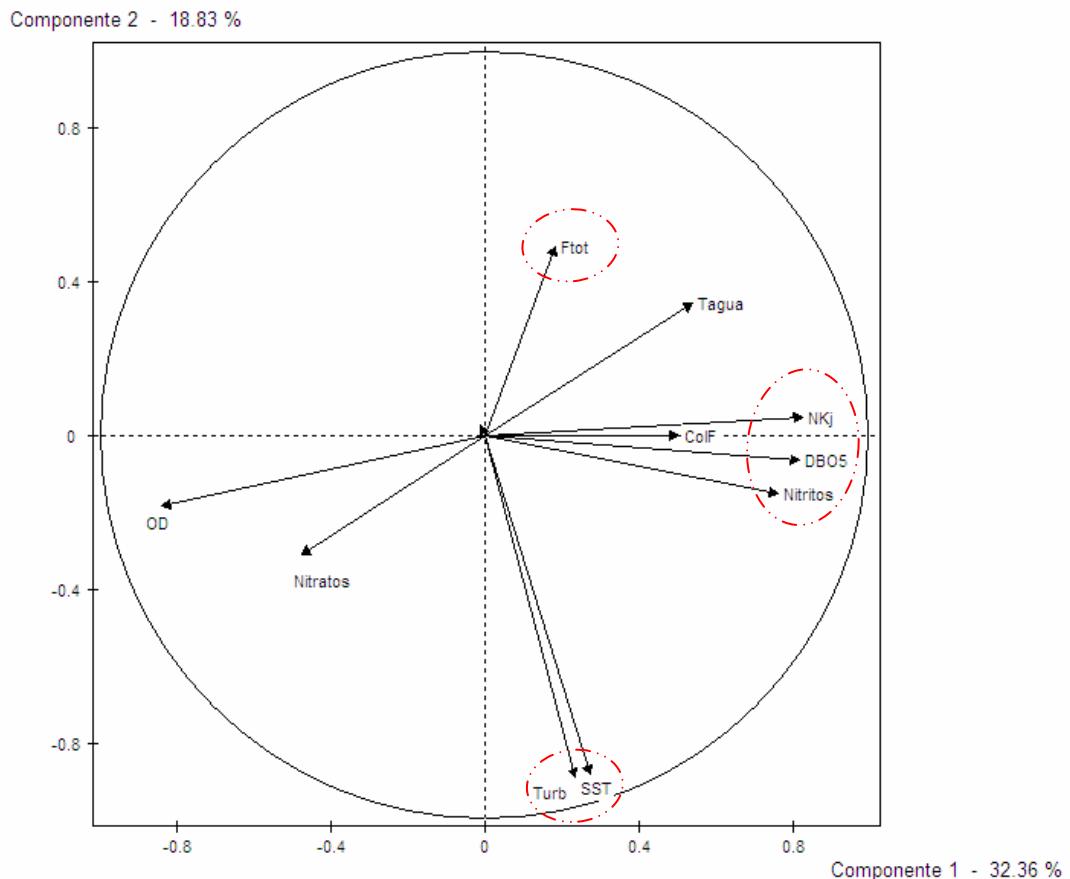


4.3.4 Quebrada La Argelia

El ACP para la Quebrada La Argelia ilustrado en la figura 29, muestra que los dos primeros componentes explican 51.18 % de la varianza total, constituida por 32.36% para la primer componente y 18.83% para la segunda.

El primer componente lo definen principalmente los parámetros: DBO5, nitritos y nitrógeno total kjeldalh, asociados a procesos de lixiviación de fertilizantes a la corriente, por su parte en el segundo componente incide positivamente el fósforo total y negativamente la turbiedad y los sólidos suspendidos.

Figura 29. Biplot ACP Quebrada La Argelia - Primer Plano Factorial



Las dos componentes principales se obedecen a las siguientes ecuaciones:

$$Y1 = 0.5 \text{ ColF} + 0.82 \text{ DBO5} + 0.18 \text{ Ftot} - 0.5 \text{ Nitratos} + 0.76 \text{ Nitritos} + 0.82 \text{ NTK} - 0.84 \text{ OD} - 0.01 \text{ pH} + 0.27 \text{ SST} + 0.54 \text{ Tagua} + 0.23 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.00 \text{ ColF} - 0.06 \text{ DBO5} + 0.49 \text{ Ftot} - 0.31 \text{ Nitratos} - 0.15 \text{ Nitritos} + 0.05 \text{ NTK} - 0.18 \text{ OD} + 0.03 \text{ pH} - 0.88 \text{ SST} + 0.34 \text{ Tagua} - 0.89 \text{ Turb}$$

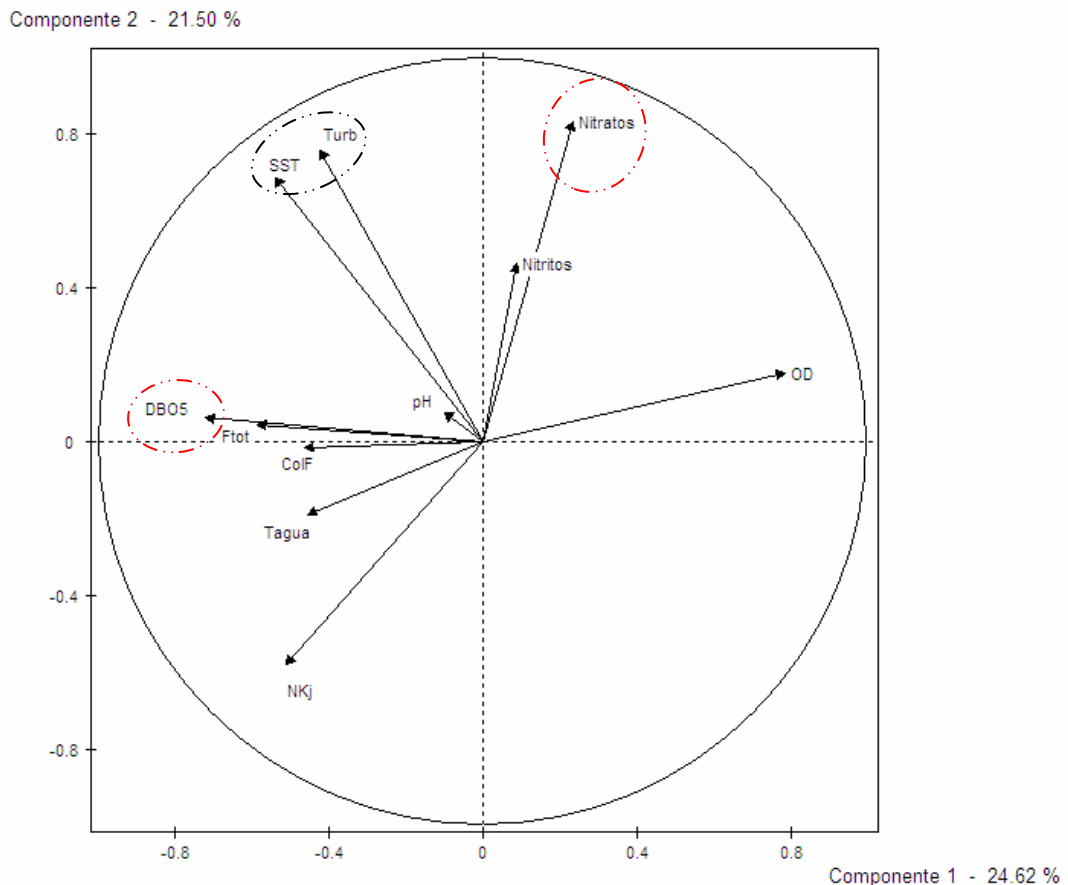
Donde Y1 representa la contribución de nutrientes a la corriente por acción de lixiviación de fertilizantes y Y2 indica alteración de las características visuales de la corriente por acción natural.

4.3.5 Quebrada Cuyamita

En la figura 30 se muestran los componentes principales para la Quebrada Cuyamita, los cuales explican el 46.12% de la varianza total, 24.62% en la componente uno y 21.5% en la componente dos.

La componente uno se define por la DBO5 y esta a su vez esta muy correlacionada con el fósforo, asociación que puede presentarse por vertimientos domésticos con alto contenido jabonoso, por otra parte la componente dos se encuentra influenciada por los nitratos, parámetro ligado a la agricultura pues es un compuesto substancial para los fertilizantes.

Figura 30. Biplot ACP Quebrada Cuyamita- Primer Plano Factorial



Las ecuaciones de las dos primeras componentes para la Quebrada Cuyamita son:

$$Y1 = -0.5 \text{ ColF} - 0.72 \text{ DBO5} - 0.6 \text{ Ftot} + 0.24 \text{ Nitratos} + 0.09 \text{ Nitritos} - 0.5 \text{ NTK} + 0.78 \text{ OD} - 0.1 \text{ pH} - 0.5 \text{ SST} - 0.5 \text{ Tagua} - 0.4 \text{ Turb}$$

$$Y2 = -0 \text{ ColF} + 0.06 \text{ DBO5} + 0.04 \text{ Ftot} + 0.83 \text{ Nitratos} + 0.46 \text{ Nitritos} - 0.6 \text{ NTK} + 0.18 \text{ OD} + 0.08 \text{ pH} + 0.68 \text{ SST} - 0.2 \text{ Tagua} + 0.76 \text{ Turb}$$

Y1 refleja la incidencia de las descargas domésticas en la quebrada y Y2 la contribución de nutrientes por lixiviación de fertilizantes.

4.3.6 Quebrada Chimitá

El ACP de la Quebrada Chimitá se muestra en la figura 31, este explica el 41.55% de la varianza total, 24.77% correspondiente al primer componente y el 16.78% al segundo.

El primer componente lo define el oxígeno disuelto en sentido negativo y en sentido positivo la DBO5, lo cual indica que este componente se asocia con procesos de depuración biológica activos en la corriente.

El segundo componente está influenciado por los nitratos y este parámetro presenta correlación con la turbiedad y el contenido de sólidos en la corriente, derivado de actividades antropogénicas como son extracción de material (arena y rocas) de la quebrada.

A continuación se enuncian las correspondientes ecuaciones para los dos componentes principales de la quebrada.

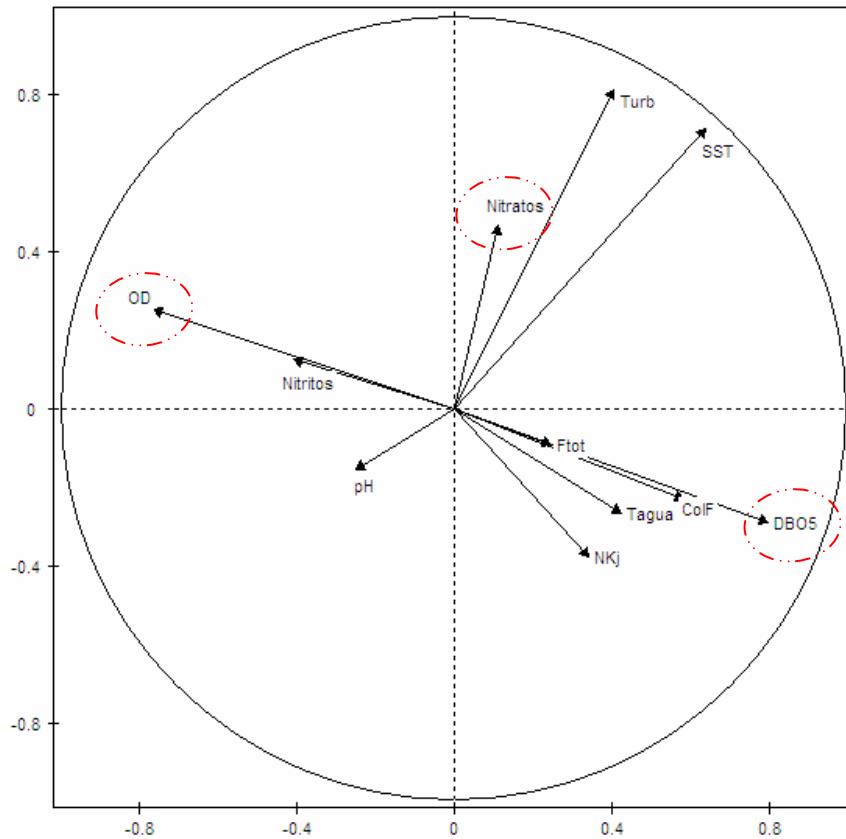
$$Y1 = 0.58 \text{ ColF} + 0.8 \text{ DBO5} + 0.25 \text{ Ftot} + 0.11 \text{ Nitratos} - 0.4 \text{ Nitritos} + 0.34 \text{ NTK} - 0.8 \text{ OD} - 0.3 \text{ pH} + 0.64 \text{ SST} + 0.42 \text{ Tagua} + 0.41 \text{ Turb}$$

$$Y2 = -0.2 \text{ ColF} - 0.29 \text{ DBO5} - 0.1 \text{ Ftot} + 0.47 \text{ Nitratos} + 0.13 \text{ Nitritos} - 0.4 \text{ NTK} + 0.25 \text{ OD} - 0.2 \text{ pH} + 0.71 \text{ SST} - 0.3 \text{ Tagua} + 0.81 \text{ Turb}$$

El primer componente o Y1 está dado entonces como indicador de procesos biológicos de autodepuración y el segundo o Y2 indica la alteración de las características visuales de la corriente por acciones antropogénicas.

Figura 31. Biplot ACP Quebrada Chimitá - Primer Plano Factorial

Componente 2 - 16.78 %



Componente 1 - 24.77 %

4.3.7 Quebrada La Iglesia

La figura 32 muestra el ACP para la Quebrada La Iglesia con una explicación del 45.46% de la varianza total, con el 29.22% para el primer componente definido por los parámetros: DBO5 y fósforo total, y el 16.24% para el segundo componente integrado por el parámetro turbiedad.

Las ecuaciones que definen a los dos componentes principales de esta corriente son:

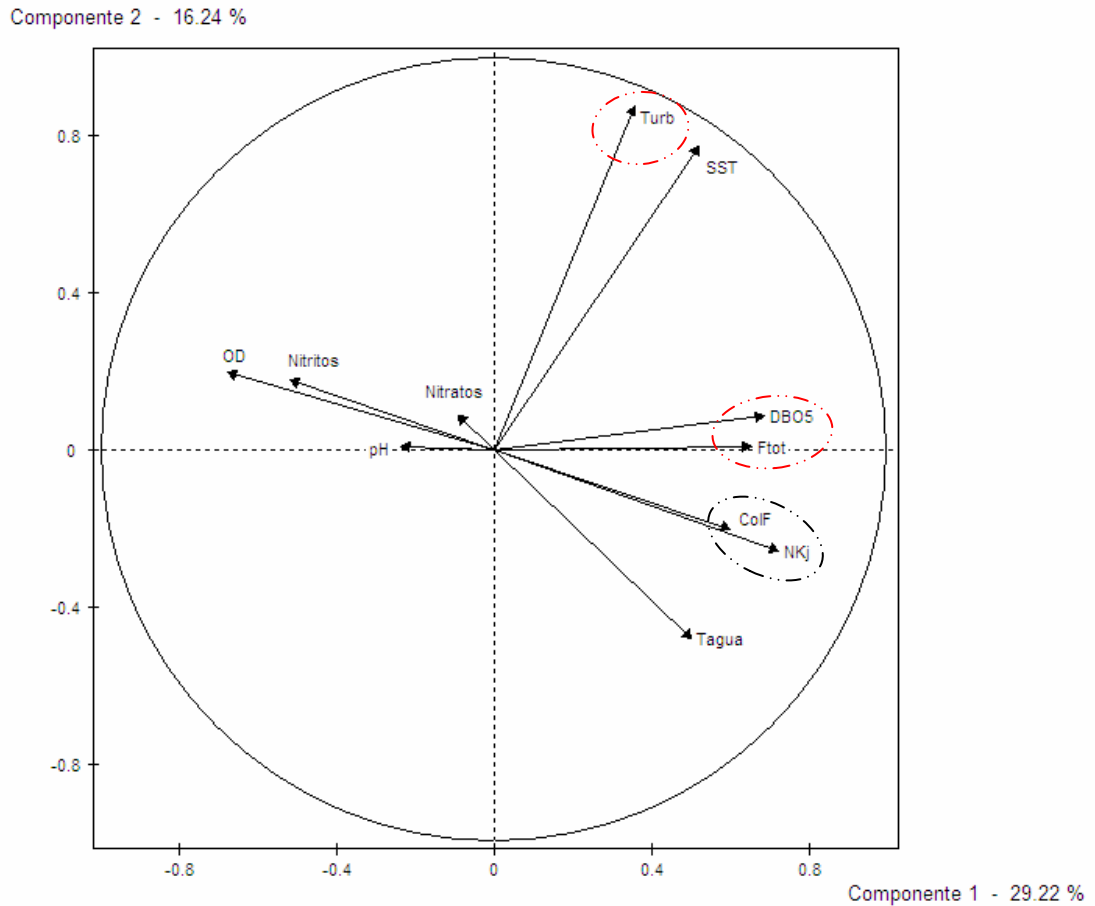
$$Y1 = 0.6 \text{ ColF} + 0.69 \text{ DBO5} + 0.65 \text{ Ftot} - 0.1 \text{ Nitratos} - 0.5 \text{ Nitritos} + 0.72 \text{ NTK} - 0.7 \text{ OD} - 0.2 \text{ pH} + 0.52 \text{ SST} + 0.5 \text{ Tagua} + 0.36 \text{ Turb}$$

$$Y2 = -0.2 \text{ ColF} + 0.09 \text{ DBO5} + 0.01 \text{ Ftot} + 0.09 \text{ Nitratos} + 0.18 \text{ Nitritos} - 0.3 \text{ NTK} + 0.2 \text{ OD} + 0.01 \text{ pH} + 0.77 \text{ SST} - 0.5 \text{ Tagua} + 0.88 \text{ Turb}$$

Y1 indicando la incidencia de los vertimientos domésticos, industriales (zona industrial de Girón) e institucionales (Lixiviados del Relleno Sanitario) y Y2

indica alteración de las características estéticas del cuerpo de agua por contribución de materia orgánica.

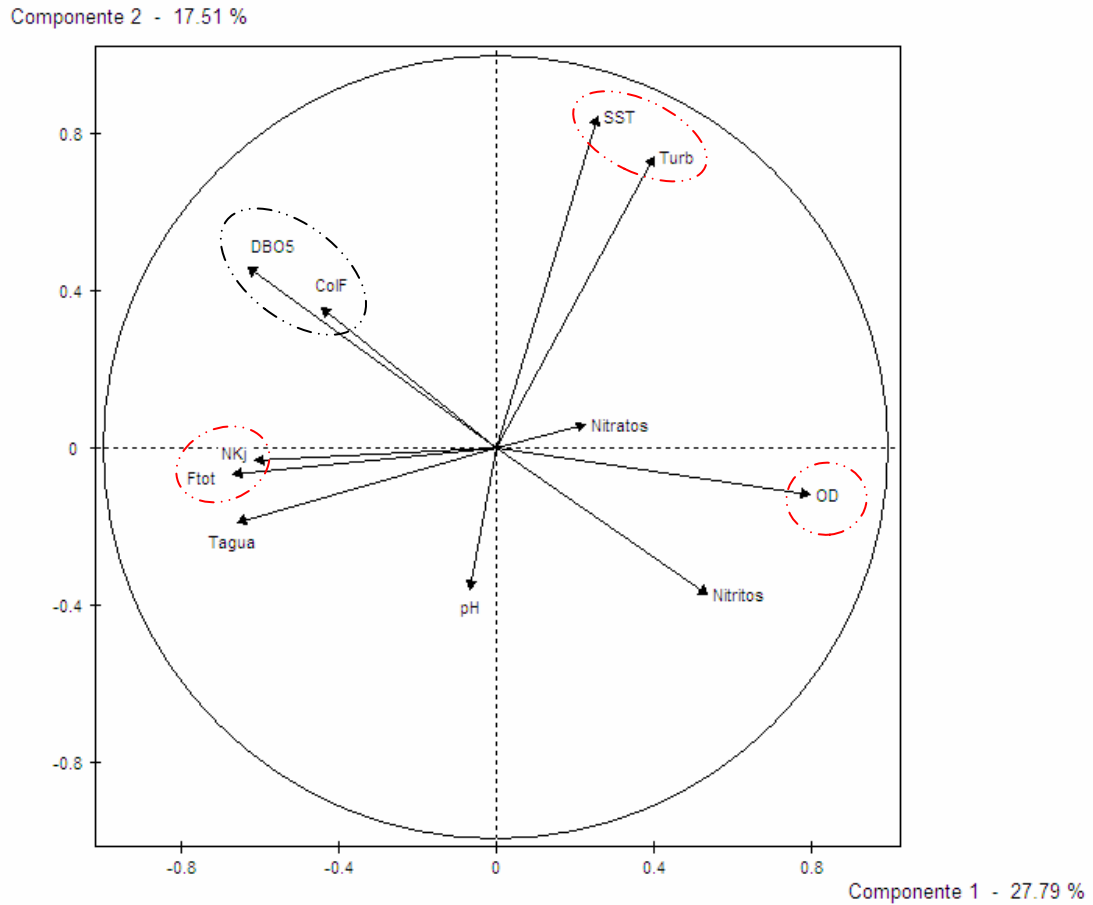
Figura 32. Biplot ACP Quebrada La Iglesia - Primer Plano Factorial



4.3.8 Río Frío

El ACP del Río Frío se muestra en la figura 33, con una explicación total de la varianza del 45.3%, la primera componente con 27.79% definida en sentido positivo por el oxígeno disuelto y en sentido negativo por el Nitrógeno Total Kjeldahl y fósforo total, y la segunda componente con 17.51% determinada positivamente por la turbiedad y los sólidos y negativamente por el pH.

Figura 33. Biplot ACP Río Frío- Primer Plano Factorial



El primer componente para este Río tiene similitud con el de la Quebrada Chapinero, pues el primer componente refleja también procesos biológicos de depuración activos en la corriente.

En relación con el segundo componente se asocia al contenido de sólidos suspendidos totales y en consecuencia a la turbiedad, cuyo origen es la descarga del efluente de la PTAR de Río Frío.

Las nuevas variables resultantes del análisis para Río Frío son:

$$Y1 = - 0.4 \text{ ColF} - 0.63 \text{ DBO5} - 0.7 \text{ Ftot} + 0.22 \text{ Nitratos} + 0.53 \text{ Nitritos} - 0.6 \text{ NTK} + 0.8 \text{ OD} - 0.1 \text{ pH} + 0.26 \text{ SST} - 0.7 \text{ Tagua} - 0.4 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.35 \text{ ColF} + 0.46 \text{ DBO5} - 0.1 \text{ Ftot} - 0.06 \text{ Nitratos} - 0.4 \text{ Nitritos} - 0 \text{ NTK} - 0.1 \text{ OD} - 0.4 \text{ pH} + 0.84 \text{ SST} - 0.2 \text{ Tagua} + 0.74 \text{ Turb}$$

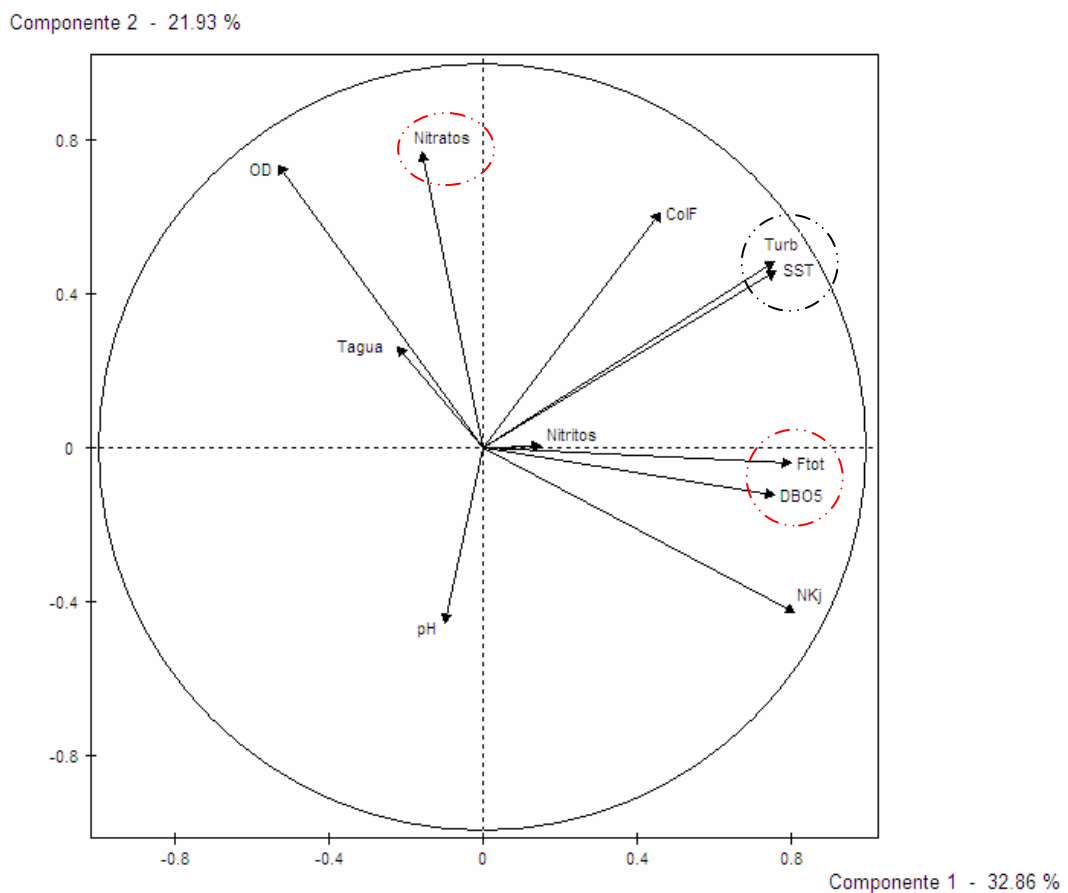
Donde el primer componente (Y1) indica procesos biológicos de depuración activos y el segundo (Y2) refleja la descarga del efluente de la PTAR de Río Frío.

4.3.9 Quebrada La Ruitoca

El ACP para la Quebrada La Ruitoca ilustrado en la figura 34, indica que los dos primeros componentes explican 54.79 % de la varianza total, 32.86% para la primer componente y 21.93% para la segunda.

El primer componente lo definen principalmente el fósforo total y la DBO5, asociados a vertimientos agroindustriales (fincas porcícolas primordialmente) y domésticos, y el segundo determinado de manera positiva por los nitratos, que a diferencia de otras corrientes tiene un peso considerable en la misma, la fuente principal de este parámetro es la agricultura por el uso de fertilizantes nitrogenados.

Figura 34. Biplot ACP Quebrada La Ruitoca - Primer Plano Factorial



Cabe resaltar que al igual que en muchas corrientes se presenta un agrupamiento entre los sólidos suspendidos totales y la turbiedad de la quebrada.

Las ecuaciones de las dos primeras componentes principales para la Quebrada La Ruitoca son:

$$Y1 = 0.46 \text{ ColF} + 0.76 \text{ DBO5} + 0.8 \text{ Ftot} - 0.2 \text{ Nitratos} + 0.15 \text{ Nitritos} + 0.81 \text{ NTK} - 0.5 \text{ OD} - 0.1 \text{ pH} + 0.76 \text{ SST} - 0.2 \text{ Tagua} - 0.75 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.61 \text{ ColF} - 0.12 \text{ DBO5} - 0 \text{ Ftot} + 0.77 \text{ Nitratos} + 0 \text{ Nitritos} - 0.4 \text{ NTK} + 0.73 \text{ OD} - 0.5 \text{ pH} + 0.46 \text{ SST} + 0.26 \text{ Tagua} + 0.48 \text{ Turb}$$

Y1 indicando la incidencia de los vertimientos pecuarios y domésticos, y Y2 mostrando la afectación por lixiviación de fertilizantes a la corriente.

4.3.10 Río Lato

El ACP para el Río Lato se muestra en la figura 35, el cual recoge una varianza total de 34.48%, distribuido en el 18.11% para la primera componente, definida por los sólidos suspendidos y la turbiedad, y el 16.37% para la segunda en dirección negativa por los nitratos, relacionados a su vez con un agrupamiento entre fósforo y DBO5.

Las ecuaciones derivadas de las dos primeras componentes para el Río Lato son:

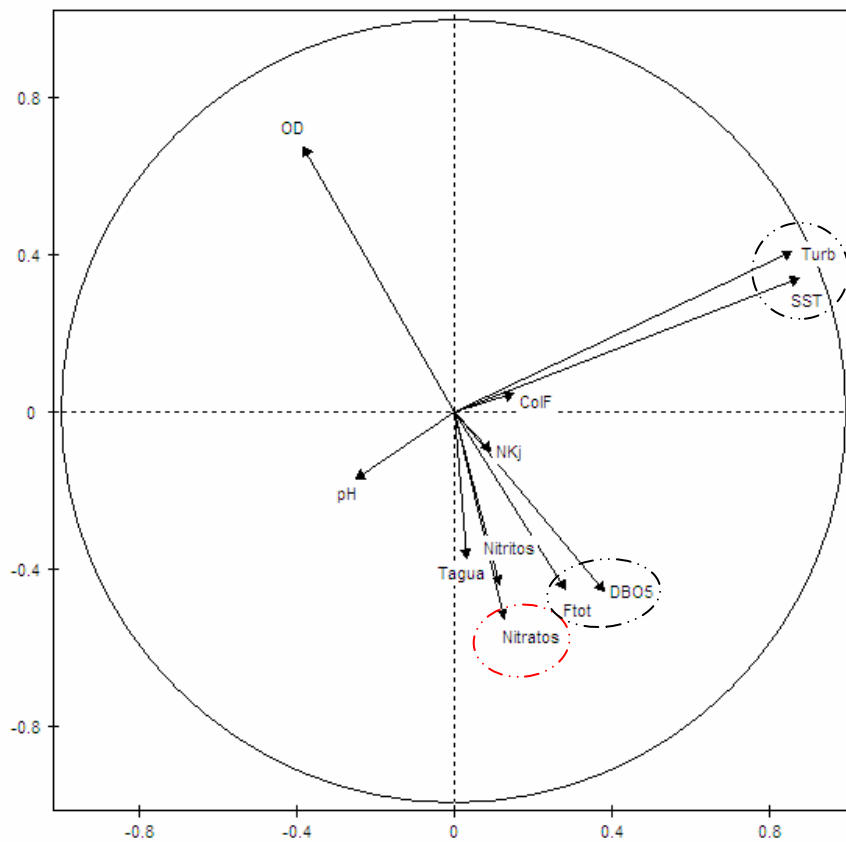
$$Y1 = 0.15 \text{ ColF} + 0.38 \text{ DBO5} + 0.28 \text{ Ftot} + 0.13 \text{ Nitratos} + 0.12 \text{ Nitritos} + 0.09 \text{ NTK} - 0.4 \text{ OD} - 0.3 \text{ pH} + 0.87 \text{ SST} + 0.03 \text{ Tagua} + 0.86 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.05 \text{ ColF} - 0.45 \text{ DBO5} - 0.5 \text{ Ftot} - 0.5 \text{ Nitratos} - 0.4 \text{ Nitritos} - 0.1 \text{ NTK} + 0.67 \text{ OD} - 0.2 \text{ pH} + 0.34 \text{ SST} - 0.4 \text{ Tagua} + 0.41 \text{ Turb}$$

La primera variable o Y1 indica alteración de las características estéticas de la corriente derivadas del contenido de sólidos y Y2 o segunda variable indica la contribución de nutrientes a la corriente por acción de lixiviación de fertilizantes.

Figura 35. Biplot ACP Río Lato - Primer Plano Factorial

Componente 2 - 16.37 %



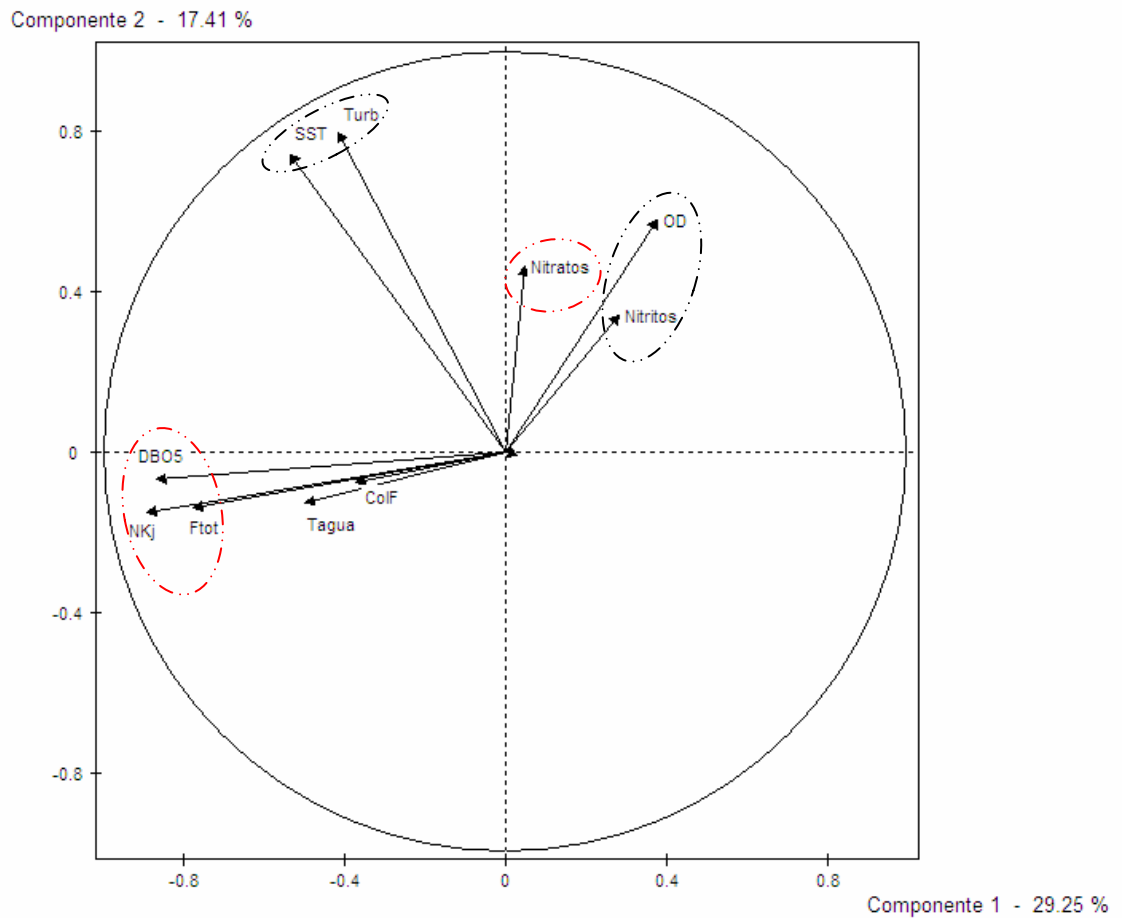
Componente 1 - 18.11 %

4.3.11 Quebrada Suratoque

La figura 36 muestra el biplot del ACP para la Quebrada Suratoque, en el se explica el 46.66% de la varianza total, distribuida en el 29.25% para el primer componente y en 17.41% para el segundo.

El primer componente lo definen principalmente de manera negativa los parámetros: DBO5, fósforo y nitrógeno total kjeldalh, asociados con las descargas de aguas residuales de la cabecera municipal de Piedecuesta, por su parte en el segundo componente incide positivamente los nitratos, cuyo origen se alude a procesos de lixiviación de fertilizantes a la corriente, teniendo en cuenta que en esta zona existe gran desarrollo agrícola.

Figura 36. Biplot ACP Quebrada Suratoque - Primer Plano Factorial



El ACP esta definido por las siguientes ecuaciones para los dos primeros componentes para la Quebrada Suratoque.

$$Y1 = - 0.4 \text{ ColF} - 0.87 \text{ DBO5} - 0.8 \text{ Ftot} + 0.05 \text{ Nitratos} + 0.28 \text{ Nitritos} - 0.9 \text{ NTK} + 0.38 \text{ OD} - 0.03 \text{ pH} - 0.5 \text{ SST} - 0.5 \text{ Tagua} - 0.4 \text{ Turb}$$

$$Y2 = - 0.1 \text{ ColF} - 0.07 \text{ DBO5} - 0.1 \text{ Ftot} + 0.46 \text{ Nitratos} + 0.34 \text{ Nitritos} - 0.2 \text{ NTK} + 0.58 \text{ OD} - 0 \text{ pH} + 0.74 \text{ SST} - 0.1 \text{ Tagua} + 0.8 \text{ Turb}$$

La primera componente o Y1 representa la incidencia de los vertimientos domésticos de Piedecuesta sobre la corriente y la segunda componente o Y2 indica la contribución de nutrientes a la corriente por acción de lixiviación de fertilizantes.

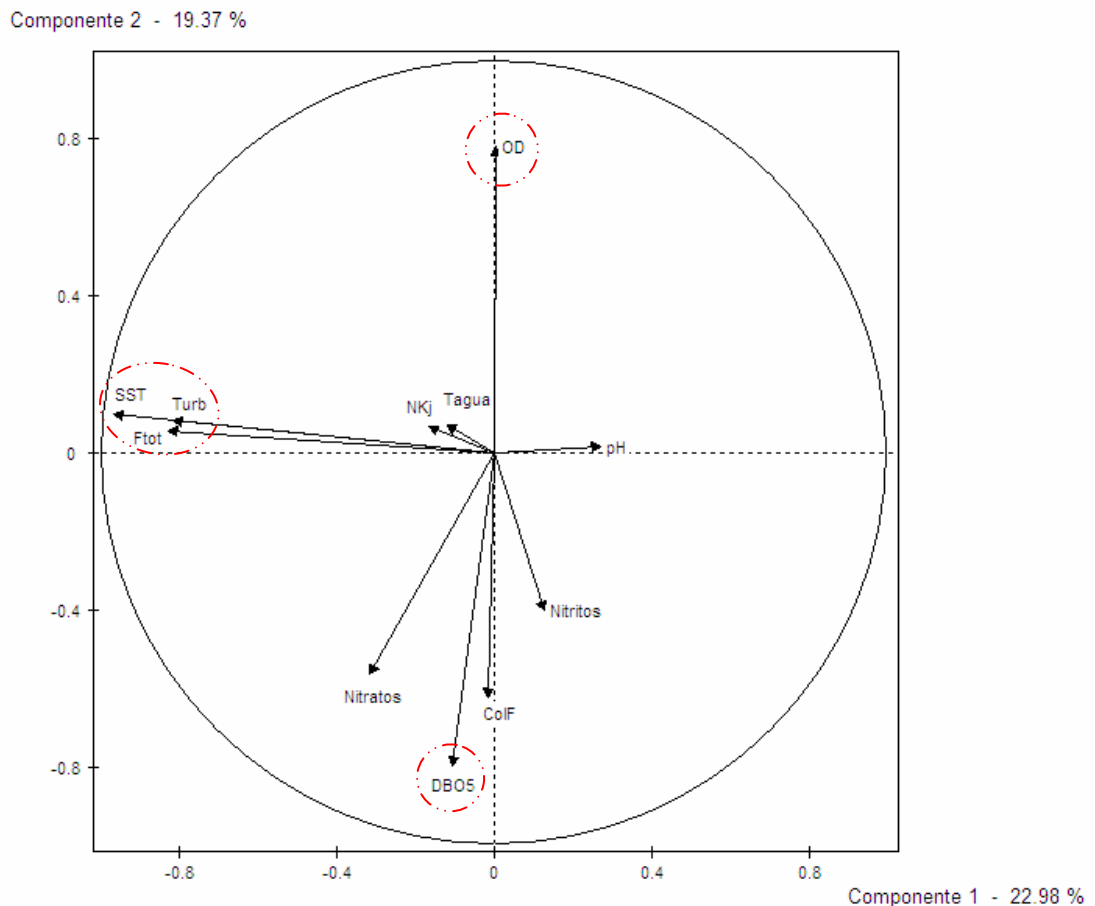
4.3.12 Río de Oro

El ACP del Río de Oro se realizó para el tramo desde ROP y hasta RO01 antes de la confluencia con el Río Suratá.

- ROP

El ACP en ROP se ilustra en la figura 37, donde dos primeros componentes explican 42.35% de la varianza total, constituida por 22.98% para la primer componente definido por el siguiente agrupamiento ubicado en sentido negativo: turbiedad, sólidos suspendidos y fósforo total, y 19.37% para la segunda componente definido de forma positiva por oxígeno disuelto y negativa por DBO5.

Figura 37. Biplot ACP Río de Oro en ROP - Primer Plano Factorial



Seguidamente se muestran las ecuaciones de las componentes principales para el punto ROP en el Río de Oro.

$$Y1 = -0 \text{ ColF} - 0.11 \text{ DBO5} - 0.8 \text{ Ftot} - 0.3 \text{ Nitratos} + 0.13 \text{ Nitritos} - 0.2 \text{ NTK} + 0 \text{ OD} + 0.27 \text{ pH} - 1 \text{ SST} - 0.1 \text{ Tagua} - 0.8 \text{ Turb}$$

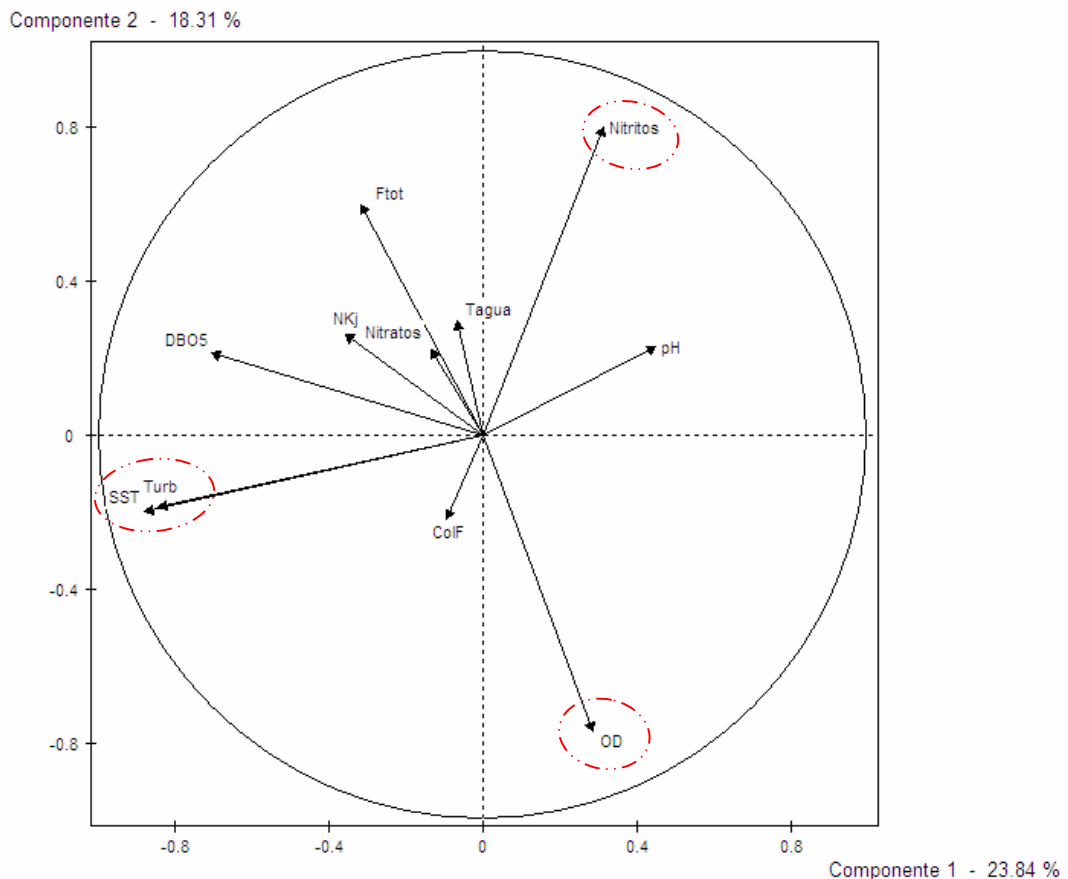
$$Y2 = -0.6 \text{ CoIF} - 0.8 \text{ DBO5} + 0.05 \text{ Ftot} - 0.6 \text{ Nitratos} - 0.4 \text{ Nitritos} + 0.07 \text{ NTK} + 0.78 \text{ OD} + 0.01 \text{ pH} + 0.1 \text{ SST} + 0.07 \text{ Tagua} + 0.08 \text{ Turb}$$

Y1 demarca las buenas condiciones de oxígeno de la corriente y Y2 muestra la afectación por vertimientos de la PTAP de Piedecuesta y uso del Río por los habitantes para lavado de ropa.

- RO4B

La figura 38 muestra el ACP para el Río de Oro a la altura de RO4B, explicado con los dos primeros componentes en el 42.15% de la varianza total, 23.84% para el primer componente definido de forma negativa por los SST y turbiedad, y 18.31% para el segundo componente constituido positivamente por nitritos y negativamente por oxígeno disuelto.

Figura 38. Biplot ACP Río de Oro en RO4B - Primer Plano Factorial



Las ecuaciones de las nuevas variables formadas por los dos primeros componentes en el punto RO4B en el Río de Oro son:

$$Y1 = - 0.1 \text{ ColF} - 0.71 \text{ DBO5} - 0.3 \text{ Ftot} - 0.1 \text{ Nitratos} + 0.31 \text{ Nitritos} - 0.4 \text{ NTK} + 0.29 \text{ OD} + 0.45 \text{ pH} - 0.9 \text{ SST} - 0.1 \text{ Tagua} - 0.8 \text{ Turb}$$

$$Y2 = - 0.2 \text{ ColF} + 0.22 \text{ DBO5} + 0.6 \text{ Ftot} + 0.22 \text{ Nitratos} + 0.8 \text{ Nitritos} + 0.26 \text{ NTK} - 0.8 \text{ OD} + 0.23 \text{ pH} - 0.2 \text{ SST} + 0.3 \text{ Tagua} - 0.2 \text{ Turb}$$

El primer componente o Y1 se define como las características visuales que se pueden dar en la corriente por la materia orgánica en suspensión y el segundo o Y2 por inicio de procesos biológicos en la corriente.

- RO4A

En la figura 39 se muestran los componentes principales para el Río de Oro a la altura del punto RO4A, explicando para sus dos primeras componentes el 30.73% de la varianza total, 24.62% en la componente uno y 13.42% en la componente dos.

La componente uno se define positivamente por los parámetros: DBO5, SST, turbiedad y nitrógeno total kjeldalh, presentando similaridad con el primer componente en el punto anterior, pese a que allí están hacia el lado negativo de la componente, mantiene las características del primer componente en este punto.

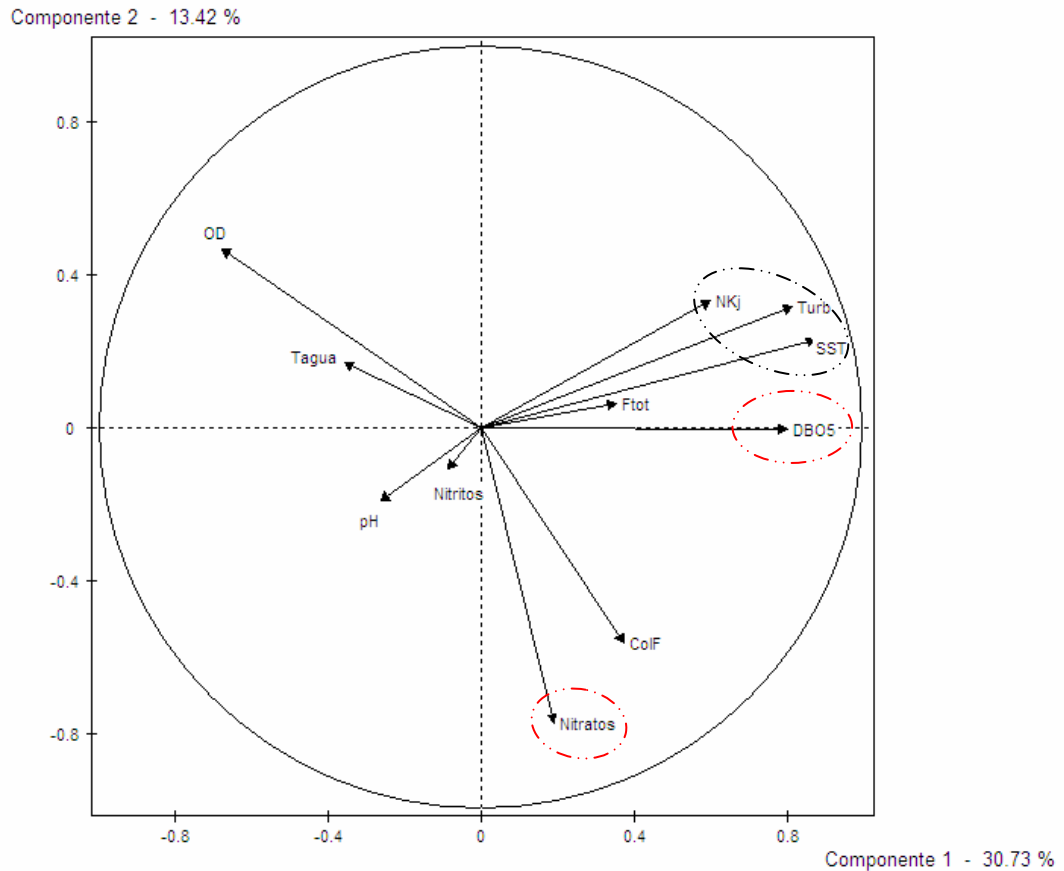
En relación con la segunda componente y a diferencia del punto anterior, se nota una evolución en el Río pues los nitritos se transformaron a nitratos, dejando ver que se llevan a cabo procesos de autodepuración del cuerpo de agua.

$$Y1 = 0.37 \text{ ColF} + 0.8 \text{ DBO5} + 0.35 \text{ Ftot} + 0.19 \text{ Nitratos} - 0.1 \text{ Nitritos} + 0.6 \text{ NTK} - 0.7 \text{ OD} - 0.3 \text{ pH} + 0.87 \text{ SST} - 0.4 \text{ Tagua} + 0.81 \text{ Turb}$$

$$Y2 = - 0.6 \text{ ColF} + 0.01 \text{ DBO5} + 0.06 \text{ Ftot} - 0.8 \text{ Nitratos} - 0.1 \text{ Nitritos} + 0.33 \text{ NTK} + 0.47 \text{ OD} - 0.2 \text{ pH} + 0.23 \text{ SST} + 0.17 \text{ Tagua} + 0.32 \text{ Turb}$$

La primera variable o Y1 se define como las características visuales que se pueden dar en la corriente por la materia orgánica en suspensión y la segunda o Y2 por procesos biológicos de depuración activos en la corriente.

Figura 39. Biplot ACP Río de Oro en RO4A - Primer Plano Factorial



▪ **RO01**

El ACP para el Río de Oro en su punto final antes de la confluencia con el Río Suratá se muestra en la figura 40, con una explicación de la varianza total del 41.17%, distribuido en los dos primeros componentes con: 26.2% para el primer componente definido positivamente por los parámetros: DBO5 y fósforo total y negativamente por: nitritos, y con el 14.97% para el segundo componente afectado por los nitratos.

El primer componente presenta como ingrediente adicional al del punto anterior, que el fósforo total cobra importancia y el nitrógeno total kjeldahl la pierde un poco, así mismo los nitritos adquieren peso en el componente hacia su parte negativa.

Los nitratos se mantienen definiendo la segunda componente en este punto al igual que en el anterior, pero con la diferencia que el parámetro tiene un menor peso con dirección negativa en el mismo.

Las ecuaciones de las dos primeras componentes definidas para el Río de Oro son:

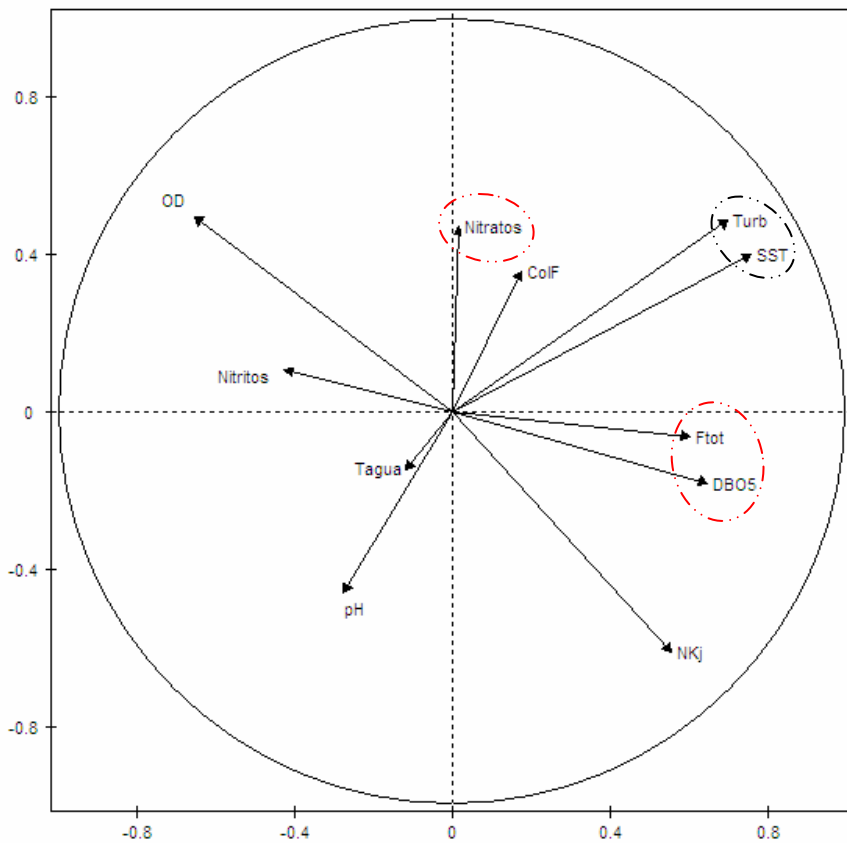
$$Y1 = 0.17 \text{ ColF} + 0.65 \text{ DBO5} + 0.6 \text{ Ftot} + 0.02 \text{ Nitratos} - 0.4 \text{ Nitritos} + 0.55 \text{ NTK} - 0.7 \text{ OD} - 0.3 \text{ pH} + 0.76 \text{ SST} - 0.1 \text{ Tagua} + 0.7 \text{ Turb}$$

$$Y2 = 0.36 \text{ ColF} - 0.18 \text{ DBO5} - 0.1 \text{ Ftot} + 0.47 \text{ Nitratos} + 0.11 \text{ Nitritos} - 0.6 \text{ NTK} + 0.5 \text{ OD} - 0.5 \text{ pH} + 0.4 \text{ SST} - 0.2 \text{ Tagua} + 0.49 \text{ Turb}$$

La primera variable o Y1 se define como las características visuales que se pueden dar en la corriente por la materia orgánica y jabones en suspensión, y la segunda o Y2 por procesos biológicos de depuración en proceso de estabilización.

Figura 40. Biplot ACP Río de Oro en RO01 - Primer Plano Factorial

Componente 2 - 14.97 %



Componente 1 - 26.20 %

5. CONCLUSIONES

La técnica Estadística Multivariada usada en el presente estudio denominada Análisis de Componentes Principales, resulta muy valiosa, en el sentido que permite generar conocimiento sobre la cinética de recuperación de la Subcuenca del Río de Oro, así como la naturaleza del impacto ambiental causado por los vertimientos directos e indirectos a cada una de las corrientes del AMB, constituyendo una herramienta importante para el análisis de los fenómenos ambientales, pues generalmente como en el caso de estudio, involucran múltiples variables, que pueden ser resumidas y explicadas de la mejor manera con la aplicación de este método .

El análisis de componentes principales de la Subcuenca del Río de Oro, demuestra la dependencia existente entre los datos históricos de algunas variables de calidad del agua, para cada uno de los diferentes puntos de estudio y genera como resultado indicadores sintéticos para los mismos, correspondientes a los dos primeros componentes principales, los cuales explican la mayor varianza acumulada. Estos indicadores son combinaciones lineales a partir de las variables originales y su cálculo sirve de insumo para análisis estadísticos posteriores al presente estudio.

En las ecuaciones de los componentes principales de cada uno de los puntos el coeficiente que acompaña a cada parámetro de calidad de agua, señala la importancia del mismo sobre la nueva variable o indicador. Los parámetros con mayor importancia en la primera componente para la Subcuenca del Río de Oro son: DBO5, fósforo total, nitrógeno total kjeldalh, oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales y turbiedad, y en la segunda son: nitratos, nitritos, sólidos suspendidos totales y turbiedad, coincidiendo en ambos componentes los sólidos suspendidos totales y turbiedad, al igual que en las matrices de correlación.

Los dos primeros componentes para los diferentes puntos de la Subcuenca, explican desde el 30% hasta el 59% de la varianza total de los datos históricos, en promedio el 46% varianza total, éstas varianzas se dan por la distorsión causada por la presencia de valores marginales en la base de datos, los cuales recogen información de eventos de contaminación natural o antropogénica con características atípicas y puntuales, dadas en las diferentes corrientes hídricas de Área Metropolitana de Bucaramanga.

La Quebrada La Picha es la corriente que presenta los mayores niveles de contaminación en la Subcuenca del Río de Oro, puesto que posee concentraciones altas en: coliformes fecales, DBO5, fósforo total, nitrógeno total kjeldalh y turbiedad, seguidamente está la Quebrada Suratoque con concentraciones elevadas en: coliformes fecales, DBO5, fósforo total y nitrógeno total kjeldalh, y la Quebrada La Navas con valores altos en: DBO5, fósforo total, nitritos y nitrógeno total kjeldalh, finalmente se encuentran: la Quebrada Chimitá, la Quebrada La Iglesia y Río Frío con una contribución de sólidos suspendidos totales y turbiedad relevantes, sumándole a la última corriente un alto contenido de coliformes fecales. Lo anterior ocasionado principalmente por los vertimientos directos de aguas residuales domésticas, en el municipio de Bucaramanga a las siguientes fuentes hídricas: Quebrada La Picha, Quebrada Las Navas, Quebrada Chimitá y Quebrada La Iglesia, el municipio de Piedecuesta a la Quebrada Suratoque y descarga del efluente final la PTAR del municipio de Floridablanca. Cabe resaltar que las quebradas Las Navas y La Iglesia reciben un aporte adicional pues son los cuerpos receptores de descargas industriales.

Las mejores condiciones de calidad del agua en la Subcuenca del Río de Oro se presentan en la Quebrada La Argelia, Río Lato y en el primer punto del Río en estudio, denominado ROP, sin embargo el contenido de coliformes fecales en estos lugares es preocupante y restringen el uso de dichas corrientes para el consumo humano y agrícola, según lo contemplado en el decreto 1594 de 1984. Adicionalmente, en la Quebrada La Argelia existen concentraciones relevantes de nitratos y nitritos, producto de contribuciones naturales y acciones de lixiviación de fertilizantes a la fuente.

La Subcuenca del Río de Oro es muy estable en cuanto a condiciones de pH y temperatura del agua; pH entre 6 y 8 unidades y temperaturas desde 19°C hasta 32°C, ya que las variaciones presentadas son mínimas pese a la constante contaminación antropogénica, agrícola, pecuaria e industrial. Esta estabilidad admite cualquier uso o destinación del recurso, además contribuye a que se presenten las condiciones ideales para el desarrollo de la actividad microbiana, que facilita los procesos de autodepuración y permite conservar la fauna acuática existente en las corrientes hídricas superficiales del AMB.

A lo largo de todo el Río de Oro se presenta una correlación fuerte entre el contenido de sólidos suspendidos totales y la turbiedad en el agua, este agrupamiento es causado por diferentes fuentes de contaminación existentes alrededor del Río. En la parte alta del Río (ROP) este fenómeno se relaciona con el contenido de fósforo total, el cual procede del uso de la corriente como lavadero de ropa colectivo. En los siguientes puntos de muestreo, el primero ubicado después de las descargas de Piedecuesta (RO4B) y el segundo localizado antes de la confluencia con el Río Frío (RO4A), los sólidos se

asocian al contenido de materia orgánica, por lo cual se presume que a la altura de RO4A el Río de Oro no se ha podido recuperar de la afectación, derivada del vertimiento directo de las aguas residuales domésticas del casco urbano de Piedecuesta, finalmente en el último punto del Río (RO01) antes de su unión con el Río Suratá, la relación negativa entre el oxígeno disuelto y el nitrógeno total kjeldahl, denota la existencia de procesos biológicos de depuración activos.

Las quebradas La Picha y Chapinero a diferencia que los afluentes del Río de Oro mencionados anteriormente, poseen baja correlación entre los sólidos suspendidos totales y la turbiedad, y en ambas con efecto diferente; en la primera, la turbiedad se relaciona con la materia orgánica no contenida en los sólidos suspendidos y en la segunda la materia orgánica presente se asocia con los sólidos suspendidos contenidos en la corriente, atribuyéndose a que las fuentes de origen de la contaminación no son las mismas.

6. RECOMENDACIONES

Es preciso continuar el análisis estadístico de los datos mediante la utilización de los componentes principales como variables independientes, resultantes para cada uno de los afluentes de la Subcuenca del Río de Oro y puntos sobre el Río principal, dando mayor profundización al presente estudio dado la importancia de la Subcuenca para el Área Metropolitana de Bucaramanga.

Teniendo en cuenta que el principal contaminante de la Subcuenca en estudio, es la disposición directa de aguas residuales domésticas de los municipios: Bucaramanga, Girón y Piedecuesnta, es necesario que la Autoridad Ambiental realice requerimientos fuertes y determinantes a las empresas prestadoras del servicio público de alcantarillado, a fin de agilizar la construcción de los sistemas de tratamientos previstos para el control de la contaminación, así como el cumplimiento de las normas de vertimientos establecidas en el decreto 1594 de 1984.

Por otra parte, considerando la notable influencia del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del municipio de Floridablanca, en el aumento de las concentraciones de: Sólidos Suspendidos Totales, Coliformes Fecales y Turbiedad en el Río Frío, es indispensable que la CDMB evalúe la posibilidad de optimización del sistema de tratamiento, para efectos de mejorar la calidad de corriente.

La presencia de coliformes fecales esta dada en grades proporciones en diferentes corrientes en estudio, inclusive en la parte alta de la subcuenca, lo cual demanda una investigación a fondo sobre éste fenómeno, que permita un diagnostico de la problemática y constituya soluciones que se ajusten a la realidad de la Subcuenca.

Es importante que la CDMB involucre dentro de su Plan de Acción Trienal el control a la fertilización de cultivos en las áreas rurales aferentes a las fuentes hídricas superficiales, así como también ejercer presión sobre las personas que desarrollan actividades pecuarias y agrícolas en usos del suelo restringidos (Distrito de Manejo Integrado), con el objeto de lograr la reducción en la lixiviación de nutrientes a las corrientes hídricas superficiales del AMB.

Pese a los esfuerzos de la CDMB durante 40 años en el control de erosión de la Meseta de Bucaramanga, es notable el gran aporte en sólidos suspendidos

que afectan la turbiedad del recurso e inciden en el deterioro estético de las corrientes de la escarpa occidental de Bucaramanga, por lo cual se recomienda enfatizar en el control de cauces y erosión de las zonas aferentes a dichas fuentes hídricas.

BIBLIOGRAFÍA

ACUIQUIMICA. Romero Rojas Jairo Alberto. Escuela Colombiana de Ingeniería. Editorial Presencia. Bogotá, Colombia. 1996

QUÍMICA AMBIENTAL. Doménech Xavier. Miraguano Ediciones S.A. Segunda Edición. Madrid, España. 1995

CALIDAD DEL AGUA. Romero Rojas Jairo Alberto. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia. 2005.

CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD. Carot Alonso Vicente. Universidad Pontificia de Valencia. Alfaomega Grupo Editores S.A. de C.V. México D.F., México. 2001.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA LA DEFENSA DE LA MESETA DE BUCARAMANGA. Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Oro Alto. Bucaramanga, Colombia. 2004.

-----, Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Oro Medio. Bucaramanga, Colombia. 2004.

-----, Plan de Ordenamiento Ambiental de la Microcuenca Oro Bajo. Bucaramanga, Colombia. 2004.

-----, Plan de Acción Trienal 2004-2006. Bucaramanga, Colombia. 2003

DISEÑO DE EXPERIMENTOS: Análisis de datos estándar y no estándar. Martínez Becerra Ricardo, Martínez Rueda Nhora. Universidad Nacional de Colombia. Primera edición. Fondo Nacional Universitario. Bogotá, Colombia. 1997.

ESTADÍSTICA Y MUESTREO. Martínez Bencardino Ciro. Ecoe Ediciones. Onceava edición. Bogotá D.C., Colombia. 2002.

ESTADÍSTICA MULTIVARIADA: INFERENCIA Y MÉTODOS. Díaz Luís Guillermo. Universidad Nacional de Colombia. Primera Edición, Bogotá D.C., Colombia. 2002.

ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LA CUENCA DEL LLOBREGAT. Rosas Rodríguez Hermógenes. Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales. Universidad Politécnica de Cataluña UPC. Barcelona, España. 2001.

FUNDAMENTOS DE CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA. T.H.Y. TEBBUTT. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Birmingham. Limusa Noriega Editores. México D.F., México. 2002.

INVESTIGACIONES HIDRÁULICAS Y DE CALIDAD DEL AGUA EN RÍOS DE MONTAÑA COLOMBIANOS. Párraga Ramírez Pablo Francisco. UNIANDES. Bogotá D.C., Colombia. 2002.

MANUAL DE ESTADÍSTICA CON EXCEL. Cristófoli Maria Elizabeth. Omicrom System S.A. Buenos Aires, Argentina. 2003.

MANUAL DE INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS FACTORIALES Y CLASIFICACIÓN CON SPAD. Bécue Bertaut Mónica. Departamento Estadística e Investigación Operativa. Universidad Politécnica de Catalunya. España. 2002.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: El proceso y sus técnicas. García Nieto Ma. Del Pilar, Ortiz Uribe Frida Gisela. Noriega Editores. México D.F., México. 2000.

TRATAMIENTO DE VERTIDOS INDUSTRIALES Y PELIGROSOS. Nemerow Neison L., Dasgupta Avijit. Ediciones Días de Santos S.A. Madrid, España. 1998.

UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN EL ÁREA EDUCATIVA. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales. Revista Economía No.9. Universidad Nacional Abierta. Mérida, Venezuela. 2002.

BÚSQUEDA DE LA REILACIÓN ENTRE ÁREAS ICSES EN MATEMÁTICAS, FÍSICA, LENGUAJE Y RENDIMIENTO EN MATEMÁTICAS I Y II A TRAVÉS DEL ACP. Universidad Tecnológica de Pereira. Revista Scientia Et Técnica No.32. Pereira, Colombia. 2004.

<http://www.cdmb.gov.co>

<http://www.dane.gov.co>

<http://einstein.uab.es>

<http://www.epa.gov>

<http://es.wikipedia.org>

www.ltsa.fr/images

<http://www.k12science.org>

<http://nchp.epf.fr>

<http://www.piedecuestanaesp.gov.co>

<http://www.tesisenxarxa.net>

<http://www.utexas.edu>

ANEXOS

Anexo A. SALIDAS DE SPAD – ACP SUBCUENCA RÍO DE ORO

MICROCUENCA RÍO DE ORO BAJO

AR01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 54 POIDS TOTAL : 54.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	54	54.00	157580.61	462560.94	200.00	240000.00
2	DBO5 - DBO5	54	54.00	5.45	7.35	1.10	42.00
3	Ftot - Ftot	54	54.00	1.27	0.38	0.67	2.37
4	Nitra - Nitratos	54	54.00	3.31	1.30	0.16	7.00
5	Nitri - Nitritos	54	54.00	0.31	0.55	0.00	2.67
6	NKJ - NKJ	54	54.00	2.93	2.28	0.84	11.10
7	OD - OD	54	54.00	6.16	0.82	3.70	7.40
8	pH - pH	54	54.00	7.68	0.55	5.00	8.21
9	SST - SST	54	54.00	13.83	15.64	4.00	108.00
10	Tagu - Tagua	54	54.00	21.96	1.48	19.00	24.70
11	Turb - Turb	54	54.00	11.59	30.21	3.00	225.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.27	1.00									
Ftot	-0.09	0.05	1.00								
Nitra	-0.24	-0.27	-0.19	1.00							
Nitri	0.38	0.48	-0.02	-0.36	1.00						
NKJ	0.45	0.70	0.03	-0.35	0.49	1.00					
OD	-0.16	-0.73	-0.37	0.37	-0.54	-0.63	1.00				
pH	0.10	-0.02	0.07	0.09	0.06	-0.11	0.07	1.00			
SST	0.04	0.29	-0.17	0.16	0.21	0.14	-0.13	0.00	1.00		
Tagu	0.27	0.28	0.29	-0.06	0.40	0.34	-0.48	0.14	-0.07	1.00	
Turb	0.07	0.13	-0.16	0.08	0.34	0.06	-0.06	0.00	0.86	-0.13	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	2.04	99.99									
Ftot	-0.69	0.34	99.99								
Nitra	-1.81	-2.02	-1.40	99.99							
Nitri	2.96	3.80	-0.18	-2.77	99.99						
NKJ	3.53	6.43	0.19	-2.66	3.92	99.99					
OD	-1.20	-6.83	-2.87	2.81	-4.43	-5.44	99.99				
pH	0.76	-0.18	0.49	0.66	0.42	-0.85	0.51	99.99			
SST	0.33	2.17	-1.28	1.17	1.58	1.05	-0.97	0.00	99.99		
Tagu	2.04	2.12	2.22	-0.44	3.07	2.59	-3.80	1.04	-0.54	99.99	
Turb	0.52	0.93	-1.19	0.59	2.63	0.43	-0.43	-0.01	9.53	-0.94	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	3.5591	32.36	32.36	*****
2	2.0710	18.83	51.18	*****
3	1.2036	10.94	62.12	*****
4	1.1688	10.63	72.75	*****
5	0.8648	7.86	80.61	*****
6	0.7067	6.42	87.04	*****
7	0.5947	5.41	92.44	*****
8	0.3284	2.99	95.43	*****
9	0.2609	2.37	97.80	*****
10	0.1606	1.46	99.26	****
11	0.0815	0.74	100.00	**

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	-1101.72	*****
7-- 8	-200.45	*****
4-- 5	-99.69	*****

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	832.60	*****
1-- 2	620.65	*****
7-- 8	198.78	*****
4-- 5	145.83	*****
5-- 6	46.14	***

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.2040	3.5591	4.9142
2	1.2825	2.0710	2.8595
3	0.7453	1.2036	1.6618
4	0.7238	1.1688	1.6137
5	0.5355	0.8648	1.1941

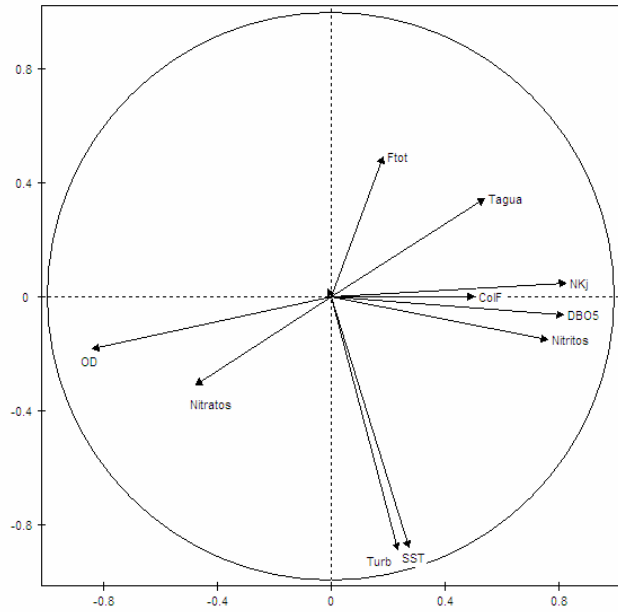
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

1*
2*
3*
4*
5*

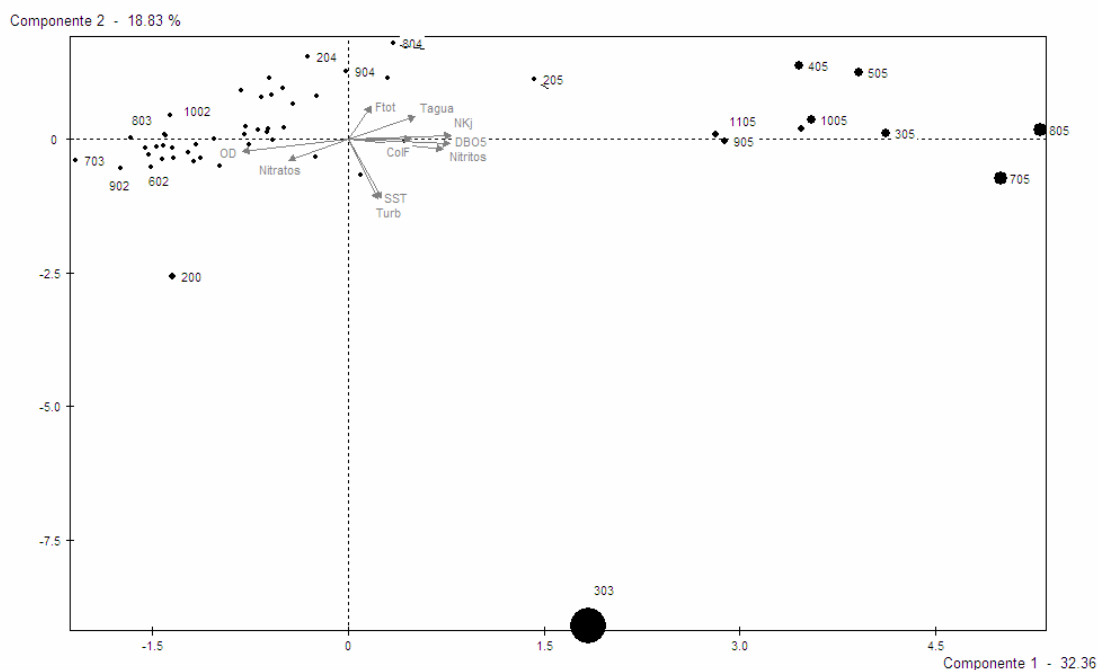
COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
VARIABLES ACTIVES

VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	0.50	0.00	0.06	0.67	0.06	0.50	0.00	0.06	0.67	0.06	0.27	0.00	0.05	0.62	0.06
DB05 - DB05	0.82	-0.06	0.10	-0.12	-0.23	0.82	-0.06	0.10	-0.12	-0.23	0.43	-0.04	0.09	-0.11	-0.25
Ftot - Ftot	0.18	0.49	-0.41	-0.55	0.29	0.18	0.49	-0.41	-0.55	0.29	0.10	0.34	-0.37	-0.51	0.31
Nitra - Nitratos	-0.47	-0.31	-0.38	-0.02	-0.67	-0.47	-0.31	-0.38	-0.02	-0.67	-0.25	-0.21	-0.35	-0.02	-0.72
Nitri - Nitritos	0.76	-0.15	-0.05	0.18	0.18	0.76	-0.15	-0.05	0.18	0.18	0.40	-0.10	-0.05	0.17	0.19
NKJ - NKJ	0.82	0.05	0.24	0.08	-0.22	0.82	0.05	0.24	0.08	-0.22	0.44	0.03	0.22	0.08	-0.23
OD - OD	-0.84	-0.18	0.06	0.35	0.07	-0.84	-0.18	0.06	0.35	0.07	-0.45	-0.13	0.05	0.33	0.08
pH - pH	-0.01	0.03	-0.74	0.41	0.23	-0.01	0.03	-0.74	0.41	0.23	-0.01	0.02	-0.67	0.38	0.25
SST - SST	0.27	-0.88	-0.15	-0.21	0.01	0.27	-0.88	-0.15	-0.21	0.01	0.15	-0.61	-0.14	-0.19	0.01
Tagu - Tagua	0.54	0.34	-0.48	0.07	-0.30	0.54	0.34	-0.48	0.07	-0.30	0.28	0.24	-0.43	0.06	-0.32
Turb - Turb	0.23	-0.89	-0.14	-0.14	0.23	0.23	-0.89	-0.14	-0.14	0.23	0.12	-0.62	-0.13	-0.13	0.25

Composante 2 - 18.83 %



Composante 1 - 32.36 %



LP01

STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 54 POIDS TOTAL : 54.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	54	54.00	7940555.509889971	1.00	230000.00	46000000
2	DBO5 - DBO5	54	54.00	126.88	187.94	12.00	1360.00
3	Ftot - Ftot	54	54.00	3.58	1.73	0.64	11.50
4	Nitra - Nitratos	54	54.00	0.27	0.41	0.00	2.10
5	Nitri - Nitritos	54	54.00	0.07	0.15	0.00	0.91
6	NKJ - NKJ	53	53.00	21.89	9.66	5.15	42.67
7	OD - OD	54	54.00	1.54	1.66	0.40	6.50
8	pH - pH	54	54.00	7.53	0.21	7.00	8.00
9	SST - SST	53	53.00	107.75	91.58	16.00	460.00
10	Tagu - Tagua	54	54.00	24.36	1.65	21.00	28.00
11	Turb - Turb	54	54.00	143.65	230.27	10.00	1400.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	-0.04	1.00									
Ftot	0.09	0.32	1.00								
Nitra	-0.01	-0.06	0.10	1.00							
Nitri	-0.11	-0.05	-0.10	0.57	1.00						
NKJ	0.28	0.19	0.29	-0.31	-0.25	1.00					
OD	-0.04	-0.09	-0.21	0.71	0.52	-0.32	1.00				
pH	0.00	-0.22	-0.07	0.05	0.15	0.29	0.09	1.00			
SST	-0.09	0.36	0.00	0.31	0.23	-0.11	0.15	-0.33	1.00		
Tagu	-0.30	0.37	0.40	0.08	-0.07	-0.27	-0.14	-0.31	0.20	1.00	
Turb	0.16	0.86	0.26	0.05	0.04	0.14	-0.02	-0.20	0.51	0.25	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	-0.29	99.99									
Ftot	0.66	2.40	99.99								
Nitra	-0.09	-0.34	0.58	99.99							
Nitri	-0.67	-0.27	-0.57	3.85	99.99						
NKJ	2.06	1.40	2.20	-1.90	-1.51	99.99					
OD	-0.26	-0.57	-1.31	5.30	3.43	-1.98	99.99				
pH	0.01	-1.68	-0.50	0.30	0.88	2.16	0.55	99.99			
SST	-0.69	2.70	0.03	1.90	1.40	-0.77	0.93	-2.50	99.99		
Tagu	-2.24	2.83	3.13	0.47	-0.44	-2.02	-0.82	-2.38	1.48	99.99	
Turb	1.17	9.44	1.96	0.30	0.27	1.05	-0.11	-1.46	4.05	1.85	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000
 HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.6724	24.29	24.29
2	2.5712	23.37	47.67
3	1.5780	14.35	62.01
4	1.1444	10.40	72.42
5	0.9506	8.64	81.06
6	0.6137	5.58	86.64
7	0.4822	4.38	91.02
8	0.4419	4.02	95.04
9	0.2822	2.57	97.61
10	0.1800	1.64	99.24
11	0.0834	0.76	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
3-- 4	-383.04
2-- 3	-319.66
8-- 9	-210.71
5-- 6	-114.19

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	559.54
3-- 4	239.88
5-- 6	205.42
6-- 7	91.24

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	1.6549	2.6724	3.6899
2	1.5922	2.5712	3.5502
3	0.9772	1.5780	2.1788
4	0.7087	1.1444	1.5801
5	0.5887	0.9506	1.3125

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

```

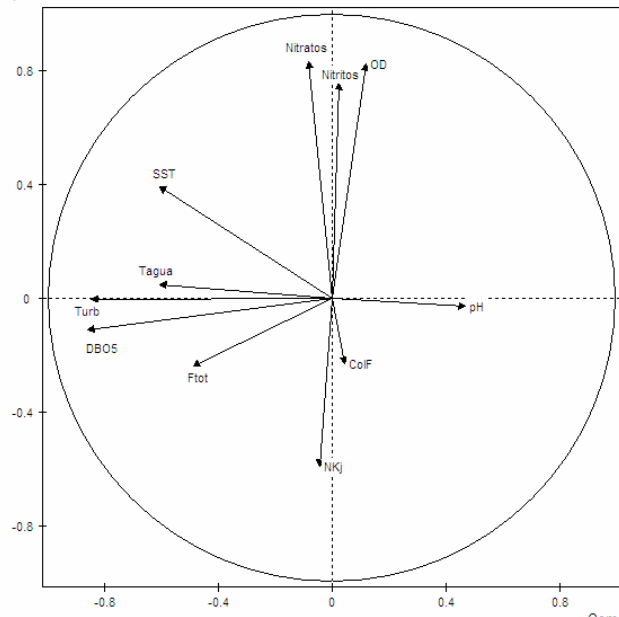
1 . . . . . *-----*
-----*
2 . . . . . *-----*
. . .
3 . . . . . *-----*
. . .
4 . . . *-----*
. . .
5 *-----*
. . .

```

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

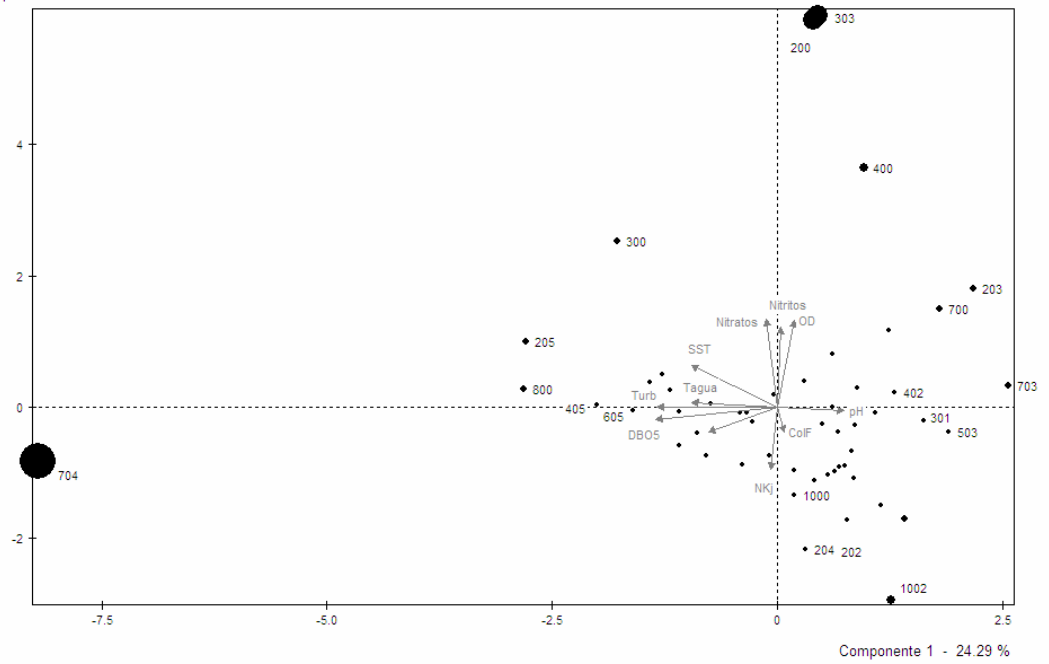
IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	0.05	-0.23	-0.59	0.28	-0.65	0.05	-0.23	-0.59	0.28	-0.65	0.03	-0.14	-0.47	0.26	-0.66
DBO5 - DBO5	-0.86	-0.11	-0.19	0.05	0.26	-0.86	-0.11	-0.19	0.05	0.26	-0.53	-0.07	-0.15	0.05	0.27
Ftot - Ftot	-0.49	-0.24	-0.15	-0.68	-0.34	-0.49	-0.24	-0.15	-0.68	-0.34	-0.30	-0.15	-0.12	-0.63	-0.35
Nitra - Nitratos	-0.08	0.83	-0.23	-0.25	-0.24	-0.08	0.83	-0.23	-0.25	-0.24	-0.05	0.52	-0.18	-0.23	-0.24
Nitri - Nitritos	0.03	0.76	-0.25	-0.12	0.15	0.03	0.76	-0.25	-0.12	0.15	0.02	0.47	-0.20	-0.11	0.15
NKJ - NKJ	-0.04	-0.59	-0.62	-0.13	0.15	-0.04	-0.59	-0.62	-0.13	0.15	-0.03	-0.37	-0.49	-0.12	0.16
OD - OD	0.12	0.82	-0.24	0.00	-0.06	0.12	0.82	-0.24	0.00	-0.06	0.07	0.51	-0.19	0.00	-0.06
pH - pH	0.47	-0.03	-0.48	-0.41	0.45	0.47	-0.03	-0.48	-0.41	0.45	0.29	-0.02	-0.38	-0.38	0.46
SST - SST	-0.60	0.39	-0.04	0.36	0.10	-0.60	0.39	-0.04	0.36	0.10	-0.37	0.25	-0.03	0.33	0.11
Tagu - Tagua	-0.61	0.05	0.52	-0.42	-0.09	-0.61	0.05	0.52	-0.42	-0.09	-0.37	0.03	0.41	-0.39	-0.09
Turb - Turb	-0.85	0.00	-0.35	0.20	0.15	-0.85	0.00	-0.35	0.20	0.15	-0.52	0.00	-0.28	0.19	0.15

Componente 2 - 23.37 %



Componente 1 - 24.29 %

Componente 2 - 23.37 %



CH01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 54 POIDS TOTAL : 54.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	54	54.00	3252036.754833567	0.00	430000.00	24000000
2	DBO5 - DBO5	54	54.00	41.38	35.56	3.00	192.00
3	Ftot - Ftot	54	54.00	3.02	1.39	0.48	6.20
4	Nitra - Nitratos	53	53.00	0.52	0.43	0.02	2.41
5	Nitri - Nitritos	54	54.00	0.24	0.15	0.05	0.87
6	NKJ - NKJ	54	54.00	16.71	8.31	3.52	46.50
7	OD - OD	54	54.00	5.37	1.05	2.80	7.40
8	pH - pH	54	54.00	7.75	0.22	7.35	8.10
9	SST - SST	54	54.00	41.07	46.97	9.00	260.00
10	Tagu - Tagua	54	54.00	23.91	1.30	21.00	27.00
11	Turb - Turb	54	54.00	28.48	43.54	8.00	310.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.14	1.00									
Ftot	0.03	0.56	1.00								
Nitr	-0.03	-0.38	-0.70	1.00							
Nitri	0.07	-0.17	-0.60	0.59	1.00						
NKJ	0.15	0.72	0.75	-0.59	-0.41	1.00					
OD	-0.18	-0.71	-0.62	0.55	0.31	-0.69	1.00				
pH	0.10	-0.19	0.26	-0.25	-0.25	0.20	-0.01	1.00			
SST	0.16	0.80	0.23	-0.10	0.13	0.46	-0.53	-0.42	1.00		
Tagu	0.15	0.11	0.20	0.01	-0.21	0.11	-0.06	-0.14	0.05	1.00	
Turb	0.04	0.26	-0.07	0.22	0.11	-0.01	0.01	-0.32	0.50	0.09	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	1.05	99.99									
Ftot	0.19	4.69	99.99								
Nitr	-0.20	-2.89	-6.36	99.99							
Nitri	0.54	-1.28	-5.10	4.95	99.99						
NKJ	1.09	6.74	7.08	-4.97	-3.20	99.99					
OD	-1.33	-6.51	-5.35	4.47	2.39	-6.23	99.99				
pH	0.72	-1.40	1.92	-1.87	-1.85	1.52	-0.06	99.99			
SST	1.22	8.06	1.76	-0.71	0.97	3.64	-4.31	-3.28	99.99		
Tagu	1.14	0.78	1.49	0.04	-1.55	0.81	-0.47	-1.04	0.39	99.99	
Turb	0.31	1.98	-0.54	1.64	0.80	-0.08	0.09	-2.41	4.03	0.66	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	4.1318	37.56	37.56	*****
2	2.3179	21.07	58.63	*****
3	1.1234	10.21	68.85	*****
4	1.0799	9.82	78.66	*****
5	0.7340	6.67	85.34	*****
6	0.5449	4.95	90.29	*****
7	0.3033	2.76	93.05	*****
8	0.2818	2.56	95.61	*****
9	0.2061	1.87	97.48	****
10	0.1714	1.56	99.04	****
11	0.1056	0.96	100.00	***

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	-1453.42	*****
6-- 7	-274.61	*****
4-- 5	-209.50	*****

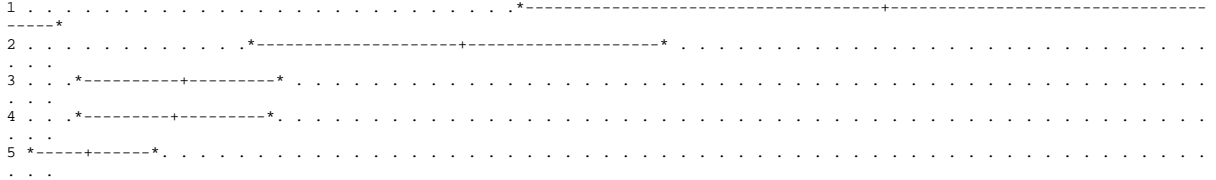
RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	1151.02	*****
1-- 2	619.41	*****
6-- 7	220.26	*****
4-- 5	156.87	*****

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.5587	4.1318	5.7050
2	1.4354	2.3179	3.2004
3	0.6957	1.1234	1.5511
4	0.6687	1.0799	1.4910
5	0.4545	0.7340	1.0134

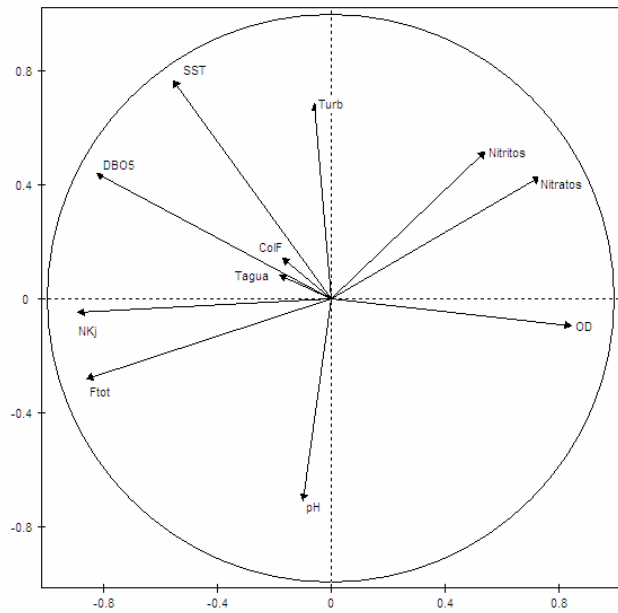
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES



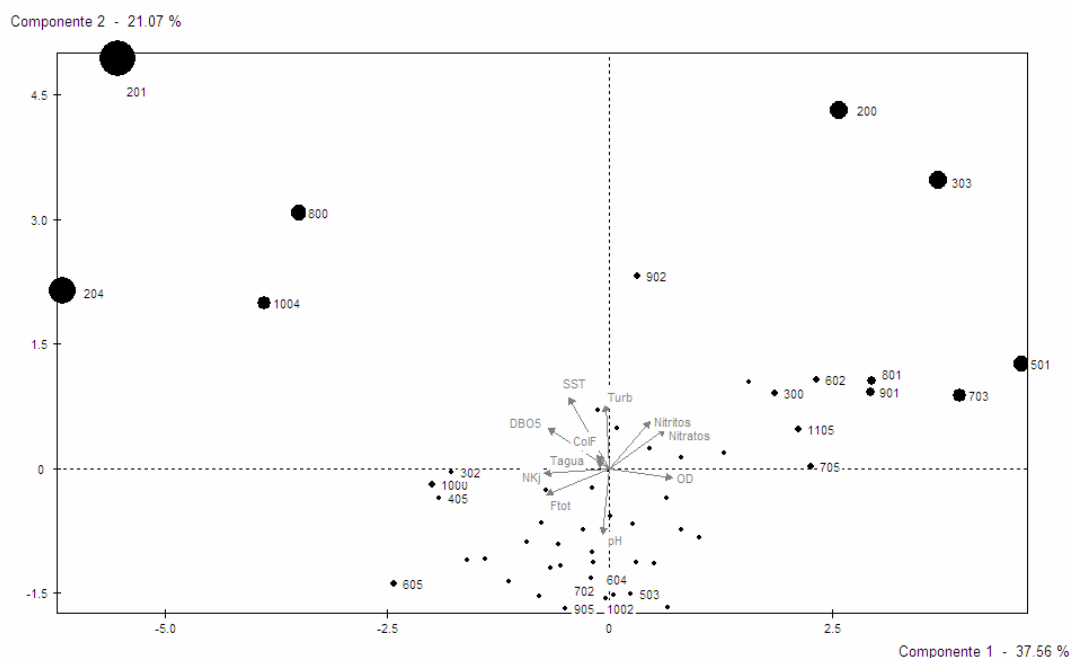
COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	-0.17	0.14	0.32	-0.87	-0.04	-0.17	0.14	0.32	-0.87	-0.04	-0.08	0.09	0.30	-0.83	-0.05
DBO5 - DBO5	-0.82	0.44	-0.12	0.00	0.05	-0.82	0.44	-0.12	0.00	0.05	-0.41	0.29	-0.11	0.00	0.06
Ftot - Ftot	-0.86	-0.28	0.08	0.12	-0.06	-0.86	-0.28	0.08	0.12	-0.06	-0.42	-0.18	0.07	0.11	-0.07
Nitra - Nitratos	0.73	0.43	0.10	-0.09	-0.04	0.73	0.43	0.10	-0.09	-0.04	0.36	0.28	0.09	-0.08	-0.05
Nitri - Nitritos	0.54	0.52	-0.28	-0.33	0.20	0.54	0.52	-0.28	-0.33	0.20	0.27	0.34	-0.27	-0.32	0.23
NKJ - NKJ	-0.89	-0.05	-0.08	-0.09	-0.03	-0.89	-0.05	-0.08	-0.09	-0.03	-0.44	-0.03	-0.07	-0.09	-0.03
OD - OD	0.84	-0.10	0.14	0.11	-0.20	0.84	-0.10	0.14	0.11	-0.20	0.41	-0.06	0.13	0.10	-0.24
pH - pH	-0.10	-0.71	-0.11	-0.37	-0.42	-0.10	-0.71	-0.11	-0.37	-0.42	-0.05	-0.47	-0.10	-0.35	-0.49
SST - SST	-0.56	0.76	-0.14	-0.02	0.00	-0.56	0.76	-0.14	-0.02	0.00	-0.27	0.50	-0.13	-0.02	0.00
Tagu - Tagua	-0.18	0.08	0.92	0.10	0.17	-0.18	0.08	0.92	0.10	0.17	-0.09	0.05	0.86	0.09	0.20
Turb - Turb	-0.06	0.69	0.14	0.18	-0.66	-0.06	0.69	0.14	0.18	-0.66	-0.03	0.45	0.13	0.17	-0.77

Composante 2 - 21.07 %



Composante 1 - 37.56 %



LN01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 54 POIDS TOTAL : 54.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	53	53.00	2498358.753516278.75		91000.00	24000000
2	DBO5 - DBO5	53	53.00	95.53	83.88	6.10	366.00
3	Ftot - Ftot	53	53.00	3.49	1.57	0.40	7.08
4	Nitra - Nitratos	52	52.00	0.54	0.46	0.01	2.29
5	Nitri - Nitritos	53	53.00	0.49	1.10	0.00	8.15
6	NKJ - NKJ	53	53.00	22.33	9.45	3.42	41.50
7	OD - OD	53	53.00	4.12	1.37	1.10	7.00
8	pH - pH	53	53.00	7.62	0.25	7.07	8.16
9	SST - SST	53	53.00	87.68	122.22	0.29	820.00
10	Tagua - Tagua	53	53.00	23.92	1.49	20.00	27.00
11	Turb - Turb	53	53.00	40.77	43.02	7.00	275.00

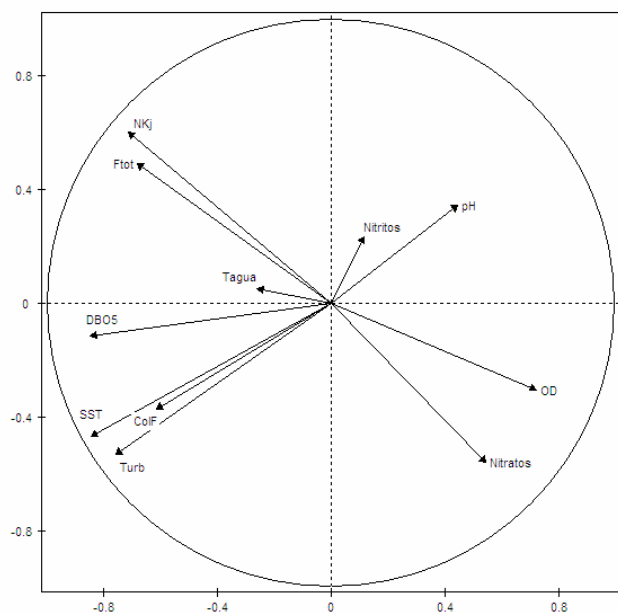
MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.40	1.00									
Ftot	0.27	0.52	1.00								
Nitra	-0.18	-0.33	-0.49	1.00							
Nitri	-0.07	-0.23	-0.17	-0.01	1.00						
NKJ	0.21	0.57	0.79	-0.60	0.14	1.00					
OD	-0.30	-0.47	-0.46	0.56	-0.14	-0.62	1.00				
pH	-0.10	-0.43	0.02	0.13	0.02	-0.07	0.35	1.00			
SST	0.72	0.73	0.39	-0.16	-0.15	0.33	-0.45	-0.41	1.00		
Tagu	-0.03	0.28	0.27	0.01	-0.23	0.20	-0.13	-0.26	0.11	1.00	
Turb	0.63	0.65	0.23	-0.16	-0.06	0.24	-0.37	-0.44	0.93	0.05	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	3.06	99.99									
Ftot	2.01	4.21	99.99								
Nitra	-1.31	-2.47	-3.84	99.99							
Nitri	-0.49	-1.72	-1.27	-0.05	99.99						
NKJ	1.59	4.70	7.89	-5.04	1.02	99.99					
OD	-2.29	-3.75	-3.60	4.56	-1.00	-5.29	99.99				
pH	-0.71	-3.32	0.17	0.91	0.16	-0.54	2.65	99.99			
SST	6.62	6.79	3.00	-1.16	-1.09	2.51	-3.55	-3.13	99.99		
Tagu	-0.22	2.12	1.98	0.04	-1.70	1.47	-0.93	-1.96	0.84	99.99	
Turb	5.38	5.68	1.70	-1.14	-0.46	1.80	-2.81	-3.43	11.85	0.34	99.99

Composante 2 - 16.71 %



Composante 1 - 40.43 %

CY01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 54 POIDS TOTAL : 54.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	54	54.00	690550.00	828216.38	4300.00	2400000.00
2	DBO5 - DBO5	54	54.00	24.54	16.95	4.00	70.00
3	Ftot - Ftot	54	54.00	3.02	0.86	1.08	4.85
4	Nitra - Nitratos	54	54.00	1.03	1.03	0.05	4.90
5	Nitri - Nitritos	54	54.00	1.15	0.77	0.05	3.65
6	NKJ - NKJ	54	54.00	12.52	4.43	1.22	23.90
7	OD - OD	54	54.00	5.21	0.79	2.90	7.40
8	pH - pH	54	54.00	7.80	0.19	7.40	8.09
9	SST - SST	53	53.00	131.66	196.70	10.00	1128.00
10	Tagu - Tagua	54	54.00	22.93	1.45	20.00	26.60
11	Turb - Turb	54	54.00	61.61	81.60	4.00	400.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.22	1.00									
Ftot	0.01	0.47	1.00								
Nitra	-0.12	-0.09	0.04	1.00							
Nitri	-0.16	0.01	0.19	0.45	1.00						
NKJ	0.06	0.20	0.29	-0.54	-0.36	1.00					
OD	-0.28	-0.47	-0.46	0.23	-0.03	-0.49	1.00				
pH	-0.14	0.24	0.14	-0.08	0.09	-0.08	0.18	1.00			
SST	0.18	0.25	0.16	0.33	0.04	0.01	-0.28	0.05	1.00		
Tagu	0.34	0.21	0.10	-0.31	0.06	0.09	-0.30	0.24	0.07	1.00	
Turb	0.23	0.25	0.07	0.39	0.03	-0.12	-0.08	0.05	0.91	0.00	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	1.65	99.99									
Ftot	0.08	3.76	99.99								
Nitra	-0.86	-0.69	0.31	99.99							
Nitri	-1.20	0.07	1.44	3.53	99.99						
NKJ	0.42	1.48	2.21	-4.45	-2.81	99.99					
OD	-2.10	-3.77	-3.62	1.75	-0.25	-3.94	99.99				
pH	-1.04	1.77	1.02	-0.58	0.67	-0.61	1.34	99.99			
SST	1.29	1.89	1.18	2.47	0.31	0.07	-2.06	0.34	99.99		
Tagu	2.63	1.55	0.71	-2.38	0.47	0.69	-2.29	1.76	0.50	99.99	
Turb	1.72	1.89	0.51	3.07	0.19	-0.89	-0.56	0.38	10.95	0.00	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000
 HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.7081	24.62	24.62
2	2.3655	21.50	46.12
3	1.4756	13.41	59.54
4	1.2611	11.47	71.00
5	1.0914	9.92	80.92
6	0.6918	6.29	87.21
7	0.4675	4.25	91.46
8	0.3654	3.32	94.79
9	0.2657	2.42	97.20
10	0.2511	2.28	99.48
11	0.0569	0.52	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	-630.87
5-- 6	-274.55
6-- 7	-119.83

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	675.55
5-- 6	175.26
6-- 7	122.25
3-- 4	44.68
7-- 8	2.41

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	1.6770	2.7081	3.7392
2	1.4649	2.3655	3.2662
3	0.9138	1.4756	2.0374
4	0.7810	1.2611	1.7413
5	0.6759	1.0914	1.5070

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

```

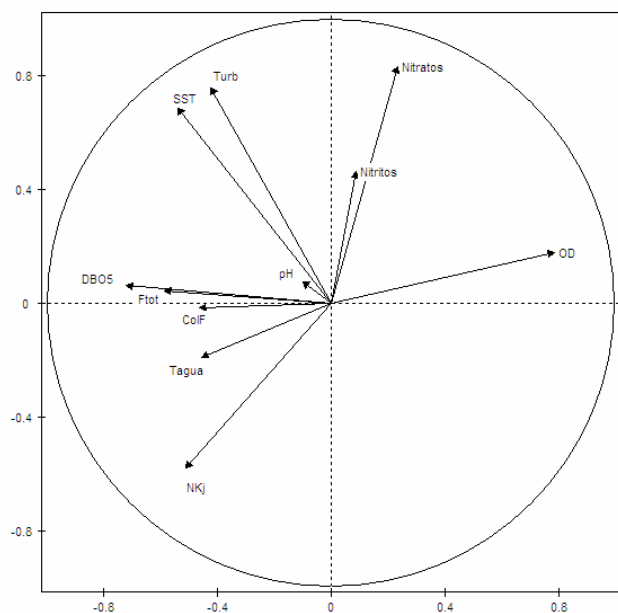
1 . . . . . *
-----*
2 . . . . . *-----*
. . .
3 . . . *-----*
. . .
4 . . *-----*
. . .
5 *-----*
. . .

```

OORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDEN - LIBELLE COURT															
ColF - ColF	-0.46	-0.02	-0.42	0.36	0.47	-0.46	-0.02	-0.42	0.36	0.47	-0.28	-0.01	-0.34	0.32	0.45
DBO5 - DBO5	-0.72	0.06	0.27	0.02	-0.14	-0.72	0.06	0.27	0.02	-0.14	-0.44	0.04	0.23	0.02	-0.13
Ftot - Ftot	-0.59	0.04	0.51	-0.37	-0.04	-0.59	0.04	0.51	-0.37	-0.04	-0.36	0.03	0.42	-0.33	-0.04
Nitra - Nitratos	0.24	0.83	0.09	-0.21	0.15	0.24	0.83	0.09	-0.21	0.15	0.14	0.54	0.08	-0.19	0.15
Nitri - Nitritos	0.09	0.46	0.63	-0.08	0.45	0.09	0.46	0.63	-0.08	0.45	0.05	0.30	0.52	-0.07	0.43
NKJ - NKJ	-0.51	-0.58	-0.13	-0.33	-0.25	-0.51	-0.58	-0.13	-0.33	-0.25	-0.31	-0.38	-0.11	-0.29	-0.24
OD - OD	0.78	0.18	-0.05	0.30	-0.28	0.78	0.18	-0.05	0.30	-0.28	0.48	0.12	-0.04	0.27	-0.26
pH - pH	-0.10	0.08	0.53	0.57	-0.54	-0.10	0.08	0.53	0.57	-0.54	-0.06	0.05	0.44	0.51	-0.51
SST - SST	-0.54	0.68	-0.31	0.00	-0.21	-0.54	0.68	-0.31	0.00	-0.21	-0.33	0.44	-0.26	0.00	-0.20
Tagu - Tagua	-0.46	-0.19	0.16	0.64	0.33	-0.46	-0.19	0.16	0.64	0.33	-0.28	-0.12	0.13	0.57	0.31
Turb - Turb	-0.42	0.76	-0.37	0.09	-0.22	-0.42	0.76	-0.37	0.09	-0.22	-0.26	0.49	-0.30	0.08	-0.21

Composante 2 - 21.50 %



Composante 1 - 24.62 %

CA01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 229 POIDS TOTAL : 229.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	229	229.00	4297506.006733745.00		43000.00*****	
2	DBO5 - DBO5	229	229.00	55.33	39.08	4.20	378.00
3	Ftot - Ftot	229	229.00	3.08	1.62	0.17	16.82
4	Nitra - Nitrates	228	228.00	0.24	0.19	0.00	1.31
5	Nitri - Nitrites	228	228.00	0.28	0.28	0.00	2.00
6	NKJ - NKJ	229	229.00	19.77	16.18	7.60	245.04
7	OD - OD	229	229.00	5.05	1.13	0.60	8.00
8	pH - pH	229	229.00	7.69	0.27	6.50	8.20
9	SST - SST	229	229.00	808.81	1094.47	56.00	11220.00
10	Tagu - Tagua	229	229.00	24.75	2.29	18.00	31.00
11	Turb - Turb	229	229.00	229.83	295.33	13.86	3400.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.47	1.00									
Ftot	-0.05	0.21	1.00								
Nitra	-0.04	-0.05	-0.03	1.00							
Nitri	-0.22	-0.23	-0.01	-0.16	1.00						
NKJ	0.11	0.23	0.11	-0.05	-0.15	1.00					
OD	-0.28	-0.73	-0.28	0.00	0.20	-0.29	1.00				
pH	-0.20	-0.14	0.14	0.10	-0.08	0.02	0.05	1.00			
SST	0.23	0.28	0.05	0.30	-0.16	-0.04	-0.27	-0.21	1.00		
Tagu	0.29	0.20	-0.01	-0.06	-0.21	0.16	-0.24	-0.11	0.11	1.00	
Turb	-0.02	0.05	0.10	0.20	0.00	-0.03	-0.10	-0.16	0.83	-0.03	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	7.81	99.99									
Ftot	-0.82	3.24	99.99								
Nitra	-0.55	-0.81	-0.45	99.99							
Nitri	-3.39	-3.48	-0.20	-2.45	99.99						
NKJ	1.73	3.60	1.65	-0.73	-2.29	99.99					
OD	-4.28	-13.97	-4.43	0.04	3.02	-4.59	99.99				
pH	-3.04	-2.12	2.19	1.53	-1.22	0.24	0.83	99.99			
SST	3.47	4.43	0.83	4.56	-2.41	-0.64	-4.21	-3.16	99.99		
Tagu	4.50	3.11	-0.21	-0.90	-3.29	2.46	-3.64	-1.68	1.74	99.99	
Turb	-0.34	0.75	1.49	2.97	0.03	-0.41	-1.55	-2.50	18.17	-0.47	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	2.7245	24.77	24.77	*****
2	1.8461	16.78	41.55	*****
3	1.3357	12.14	53.69	*****
4	1.1889	10.81	64.50	*****
5	0.8699	7.91	72.41	*****
6	0.7988	7.26	79.67	*****
7	0.6774	6.16	85.83	*****
8	0.6447	5.86	91.69	*****
9	0.5852	5.32	97.01	*****
10	0.2276	2.07	99.08	*****
11	0.1011	0.92	100.00	***

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	-535.77	*****
4-- 5	-298.30	*****
6-- 7	-115.56	*****
1-- 2	-4.39	*

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
1-- 2	367.97	*****
2-- 3	363.58	*****
4-- 5	247.95	*****
6-- 7	88.71	*****

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.2244	2.7245	3.2246
2	1.5072	1.8461	2.1850
3	1.0905	1.3357	1.5809
4	0.9706	1.1889	1.4071
5	0.7102	0.8699	1.0296

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

```

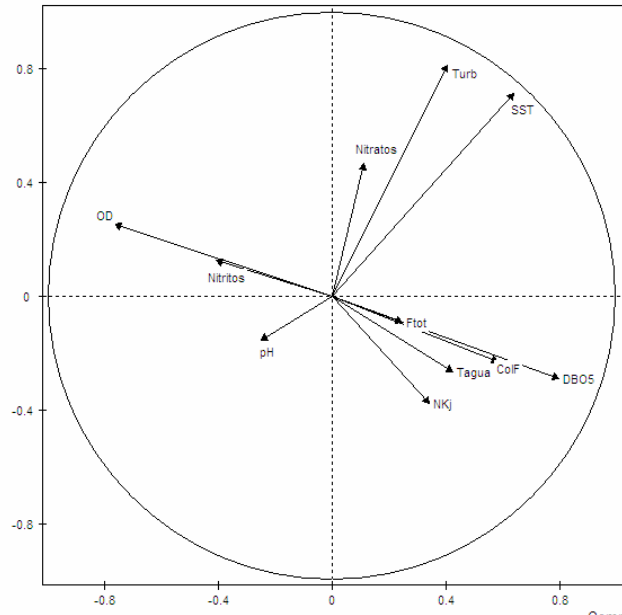
1 . . . . . *-----*
-----*
2 . . . . . *-----*
. . .
3 . . . . . *-----*
. . .
4 . . . . . *-----*
. . .
5 *-----*
. . .

```

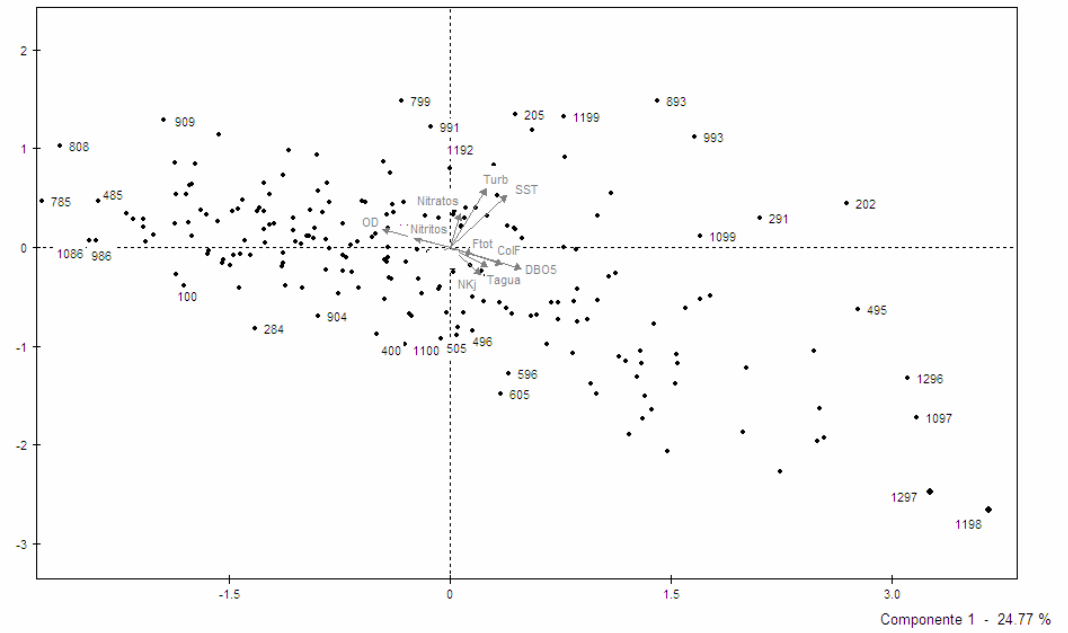
COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

VARIABLES IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	0.58	-0.23	-0.41	0.14	0.30	0.58	-0.23	-0.41	0.14	0.30	0.35	-0.17	-0.36	0.13	0.32
DBO5 - DBO5	0.80	-0.29	0.05	-0.17	0.29	0.80	-0.29	0.05	-0.17	0.29	0.48	-0.21	0.04	-0.15	0.31
Ftot - Ftot	0.25	-0.09	0.66	-0.38	0.06	0.25	-0.09	0.66	-0.38	0.06	0.15	-0.07	0.57	-0.35	0.06
Nitra - Nitratos	0.11	0.47	0.27	0.56	0.12	0.11	0.47	0.27	0.56	0.12	0.07	0.34	0.23	0.51	0.13
Nitri - Nitritos	-0.41	0.13	-0.10	-0.66	-0.02	-0.41	0.13	-0.10	-0.66	-0.02	-0.25	0.09	-0.09	-0.61	-0.02
NKJ - NKJ	0.34	-0.38	0.21	0.03	-0.70	0.34	-0.38	0.21	0.03	-0.70	0.21	-0.28	0.18	0.02	-0.75
OD - OD	-0.76	0.25	-0.24	0.19	-0.11	-0.76	0.25	-0.24	0.19	-0.11	-0.46	0.19	-0.21	0.17	-0.12
pH - pH	-0.25	-0.16	0.67	0.34	0.10	-0.25	-0.16	0.67	0.34	0.10	-0.15	-0.11	0.58	0.31	0.11
SST - SST	0.64	0.71	-0.03	-0.01	-0.04	0.64	0.71	-0.03	-0.01	-0.04	0.39	0.52	-0.03	-0.01	-0.04
Tagu - Tagua	0.42	-0.27	-0.30	0.25	-0.34	0.42	-0.27	-0.30	0.25	-0.34	0.26	-0.20	-0.26	0.23	-0.36
Turb - Turb	0.41	0.81	0.07	-0.17	-0.22	0.41	0.81	0.07	-0.17	-0.22	0.25	0.60	0.06	-0.16	-0.24

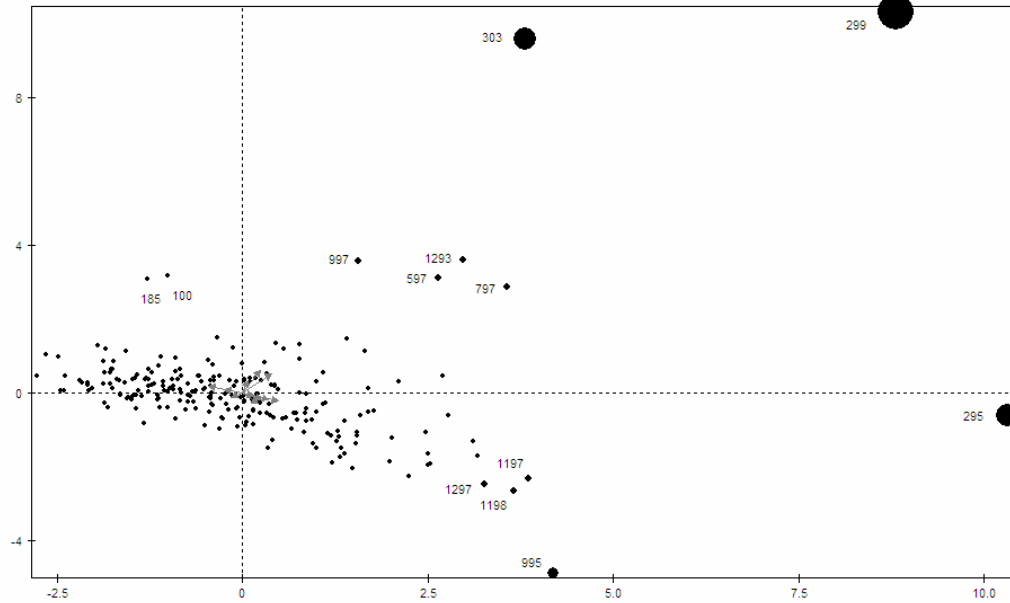
Componente 2 - 16.78 %



Componente 2 - 16.78 %



Composante 2 - 16.78 %



Composante 1 - 24.77 %

LI01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 145 POIDS TOTAL : 145.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	145	145.00	1411455.12	935884.25	20000.00	240000.00
2	DBO5 - DBO5	145	145.00	42.74	69.13	3.20	573.00
3	Ftot - Ftot	145	145.00	2.42	1.22	0.17	10.40
4	Nitra - Nitratos	145	144.00	0.17	0.19	0.00	1.32
5	Nitri - Nitritos	145	145.00	0.23	0.23	0.00	1.15
6	NKJ - NKJ	145	145.00	16.36	6.87	1.57	60.00
7	OD - OD	144	144.00	4.56	1.31	0.00	7.00
8	pH - pH	145	145.00	7.65	0.30	6.80	8.40
9	SST - SST	145	145.00	340.06	604.41	12.00	6140.00
10	Tagu - Tagua	145	145.00	24.17	2.22	17.00	30.00
11	Turb - Turb	145	145.00	134.08	282.23	6.80	2480.00

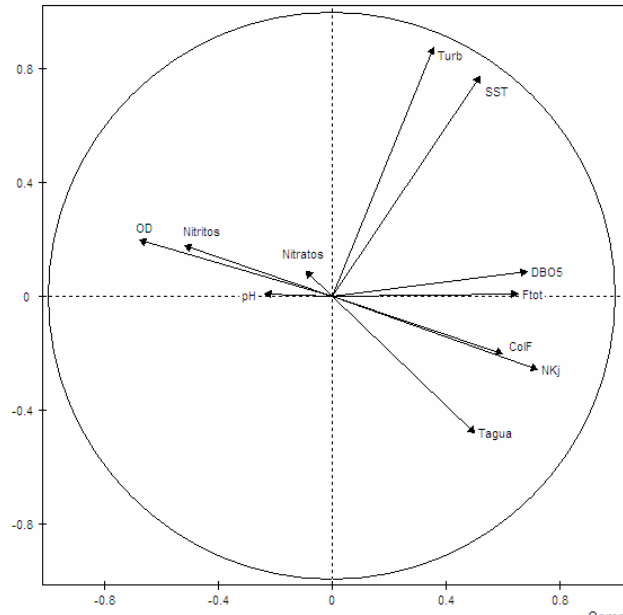
MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.22	1.00									
Ftot	0.21	0.47	1.00								
Nitr	0.08	-0.01	-0.09	1.00							
Nitri	-0.34	-0.17	-0.13	0.14	1.00						
NKJ	0.29	0.53	0.64	-0.14	-0.25	1.00					
OD	-0.43	-0.40	-0.24	0.12	0.29	-0.40	1.00				
pH	-0.05	-0.26	-0.09	0.10	0.12	-0.08	0.09	1.00			
SST	0.22	0.28	0.25	0.01	-0.18	0.09	-0.25	-0.08	1.00		
Tagu	0.43	0.11	0.18	0.14	-0.38	0.31	-0.39	-0.04	0.03	1.00	
Turb	0.08	0.22	0.16	0.07	-0.10	0.02	-0.06	-0.01	0.85	-0.12	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

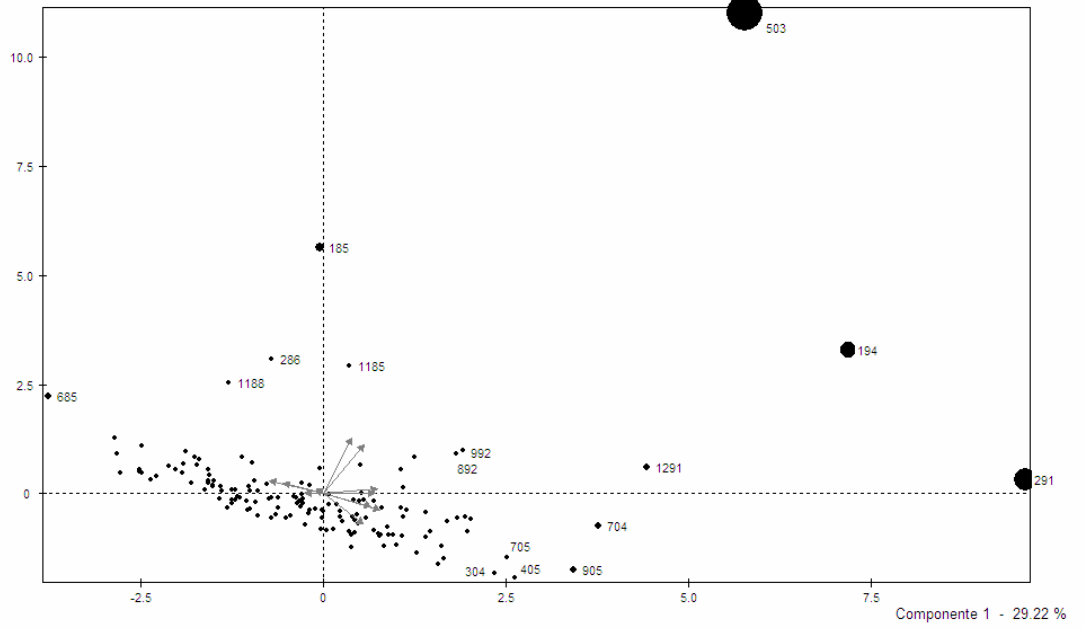
	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	2.65	99.99									
Ftot	2.59	6.20	99.99								
Nitr	0.99	-0.09	-1.06	99.99							
Nitri	-4.20	-2.11	-1.63	1.74	99.99						
NKJ	3.61	7.09	9.04	-1.69	-3.12	99.99					
OD	-5.51	-5.08	-2.96	1.48	3.55	-5.03	99.99				
pH	-0.65	-3.19	-1.06	1.21	1.46	-1.01	1.06	99.99			
SST	2.68	3.49	3.01	0.07	-2.24	1.12	-3.02	-0.94	99.99		
Tagu	5.55	1.27	2.17	1.69	-4.78	3.90	-4.96	-0.54	0.35	99.99	
Turb	0.96	2.65	2.00	0.85	-1.19	0.27	-0.76	-0.15	15.07	-1.51	99.99

Componente 2 - 16.24 %



Componente 1 - 29.22 %

Componente 2 - 16.24 %



MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	6.04	99.99									
Ftot	3.72	5.01	99.99								
Nitr	-0.56	-1.32	-2.25	99.99							
Nitri	-3.95	-5.78	-2.74	-0.25	99.99						
NKJ	3.44	4.15	6.85	-1.54	-2.65	99.99					
OD	-2.83	-8.32	-6.17	3.30	9.42	-5.93	99.99				
pH	-0.62	-1.65	2.88	1.58	2.40	2.20	0.71	99.99			
SST	1.80	3.23	-1.82	1.93	-0.41	-1.52	2.19	-1.78	99.99		
Tagu	2.92	4.69	6.77	-0.36	-2.32	5.37	-6.71	2.15	-3.33	99.99	
Turb	-0.23	-0.47	-2.90	0.83	0.31	-2.23	3.27	-1.52	14.94	-4.69	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	3.0571	27.79	27.79	*****
2	1.9257	17.51	45.30	*****
3	1.2395	11.27	56.57	*****
4	1.0222	9.29	65.86	*****
5	0.8321	7.56	73.42	*****
6	0.6929	6.30	79.72	*****
7	0.6592	5.99	85.72	*****
8	0.5494	4.99	90.71	*****
9	0.5298	4.82	95.53	*****
10	0.2867	2.61	98.13	*****
11	0.2054	1.87	100.00	*****

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	-441.63	*****
5-- 6	-181.67	*****

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	468.88	*****
1-- 2	445.11	*****
5-- 6	105.52	*****
7-- 8	90.21	*****
4-- 5	50.91	*****
3-- 4	27.25	****

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON

INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.5112	3.0571	3.6029
2	1.5819	1.9257	2.2696
3	1.0182	1.2395	1.4608
4	0.8397	1.0222	1.2047
5	0.6835	0.8321	0.9806

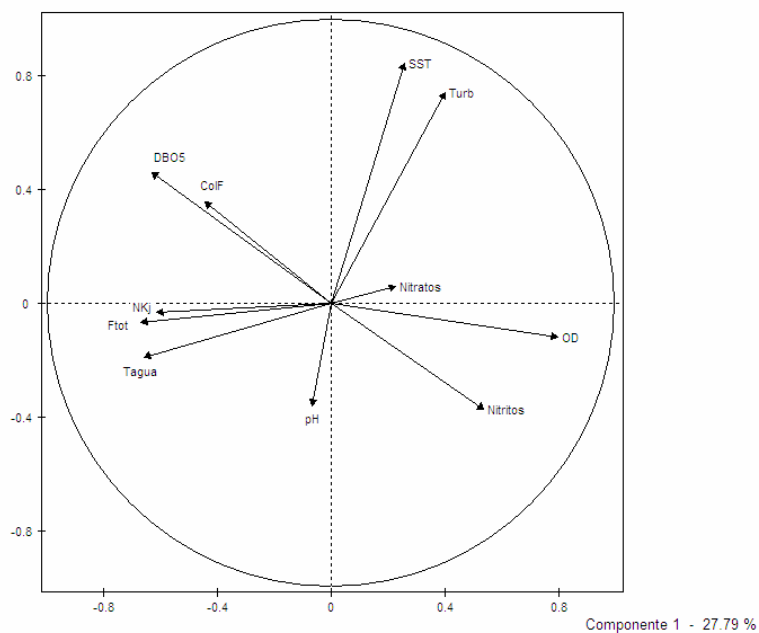
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

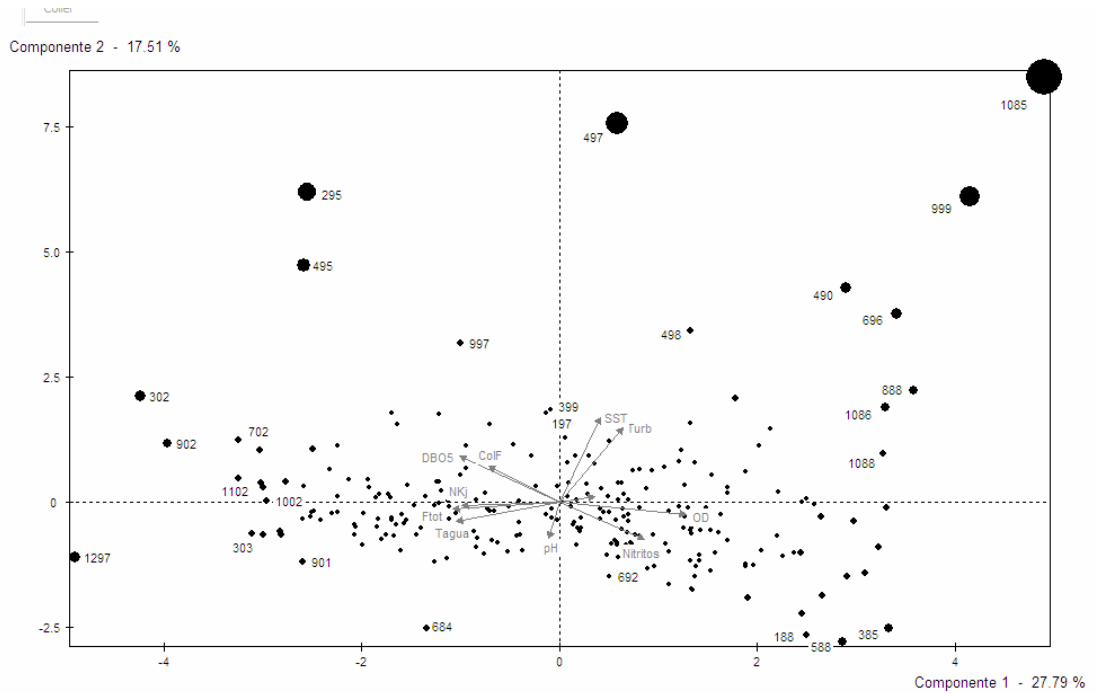
1*
2*
3*
4*
5*

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
VARIABLES ACTIVES

VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDEN - LIBELLE COURT															
ColF - ColF	-0.44	0.35	-0.12	0.07	0.74	-0.44	0.35	-0.12	0.07	0.74	-0.25	0.26	-0.11	0.07	0.81
DBO5 - DBO5	-0.63	0.46	0.04	0.04	0.09	-0.63	0.46	0.04	0.04	0.09	-0.36	0.33	0.03	0.04	0.09
Ftot - Ftot	-0.67	-0.07	-0.32	-0.22	-0.03	-0.67	-0.07	-0.32	-0.22	-0.03	-0.38	-0.05	-0.29	-0.22	-0.03
Nitra - Nitratos	0.22	0.06	-0.37	0.85	-0.02	0.22	0.06	-0.37	0.85	-0.02	0.13	0.04	-0.33	0.84	-0.02
Nitri - Nitritos	0.53	-0.37	-0.33	-0.37	0.27	0.53	-0.37	-0.33	-0.37	0.27	0.31	-0.27	-0.29	-0.37	0.30
NKJ - NKJ	-0.61	-0.03	-0.31	-0.19	-0.08	-0.61	-0.03	-0.31	-0.19	-0.08	-0.35	-0.02	-0.28	-0.19	-0.09
OD - OD	0.80	-0.12	-0.24	-0.03	0.33	0.80	-0.12	-0.24	-0.03	0.33	0.46	-0.09	-0.22	-0.03	0.36
pH - pH	-0.07	-0.36	-0.73	0.00	-0.18	-0.07	-0.36	-0.73	0.00	-0.18	-0.04	-0.26	-0.65	0.00	-0.19
SST - SST	0.26	0.84	-0.29	-0.10	-0.08	0.26	0.84	-0.29	-0.10	-0.08	0.15	0.61	-0.26	-0.10	-0.09
Tagu - Tagua	-0.66	-0.19	-0.21	0.10	-0.01	-0.66	-0.19	-0.21	0.10	-0.01	-0.38	-0.14	-0.19	0.10	-0.02
Turb - Turb	0.40	0.74	-0.25	-0.21	-0.22	0.40	0.74	-0.25	-0.21	-0.22	0.23	0.53	-0.23	-0.21	-0.24

Composante 2 - 17.51 %





MICROCUENCA RÍO LATO

LT01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 239 POIDS TOTAL : 239.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	239	239.00	101600.84	187354.64	1500.00	1100000.00
2	DBO5 - DBO5	239	239.00	5.62	6.06	0.50	80.00
3	Ftot - Ftot	239	239.00	0.41	0.22	0.02	1.65
4	Nitra - Nitratos	238	238.00	0.36	0.27	0.00	1.49
5	Nitri - Nitritos	238	238.00	0.17	0.41	0.00	5.95
6	NKJ - NKJ	239	239.00	4.36	6.45	0.56	98.36
7	OD - OD	238	238.00	6.35	0.83	0.00	8.00
8	pH - pH	239	239.00	7.45	0.34	6.00	8.20
9	SST - SST	239	239.00	71.05	201.28	6.00	2280.00
10	Tagu - Tagua	238	238.00	29.01	2.22	22.00	39.40
11	Turb - Turb	239	239.00	37.34	69.33	4.40	600.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.10	1.00									
Ftot	-0.03	0.04	1.00								
Nitra	-0.20	0.16	0.14	1.00							
Nitri	0.06	0.24	0.15	-0.07	1.00						
NKJ	0.00	0.07	0.06	0.06	0.05	1.00					
OD	-0.07	-0.31	-0.29	-0.30	-0.24	0.04	1.00				
pH	-0.10	-0.12	0.01	0.19	-0.01	-0.08	-0.01	1.00			
SST	0.03	0.09	0.06	0.01	-0.06	0.03	-0.11	-0.09	1.00		
Tagu	0.03	0.07	0.13	0.14	-0.01	0.06	-0.13	-0.01	-0.06	1.00	
Turb	0.06	0.08	0.07	-0.03	-0.08	0.00	-0.01	-0.15	0.88	-0.07	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	1.60	99.99									
Ftot	-0.41	0.62	99.99								
Nitr	-3.09	2.57	2.23	99.99							
Nitr	0.90	3.71	2.33	-1.01	99.99						
NKJ	0.03	1.05	0.87	0.89	0.79	99.99					
OD	-1.10	-5.03	-4.63	-4.70	-3.84	0.60	99.99				
pH	-1.52	-1.91	0.09	2.99	-0.12	-1.25	-0.22	99.99			
SST	0.46	1.32	0.94	0.10	-0.90	0.47	-1.76	-1.47	99.99		
Tagu	0.47	1.05	1.99	2.24	-0.21	0.87	-2.07	-0.17	-0.95	99.99	
Turb	0.99	1.27	1.07	-0.42	-1.19	0.02	-0.13	-2.26	20.99	-1.05	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	1.9922	18.11	18.11
2	1.8012	16.37	34.49
3	1.3555	12.32	46.81
4	1.0791	9.81	56.62
5	0.9966	9.06	65.68
6	0.9591	8.72	74.40
7	0.8676	7.89	82.29
8	0.7570	6.88	89.17
9	0.5746	5.22	94.39
10	0.5043	4.58	98.98
11	0.1126	1.02	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
3-- 4	-148.75
6-- 7	-99.16
8-- 9	-52.61

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
3-- 4	193.84
2-- 3	169.35
4-- 5	45.09

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	1.6343	1.9922	2.3502
2	1.4776	1.8012	2.1249
3	1.1120	1.3555	1.5990
4	0.8852	1.0791	1.2730
5	0.8175	0.9966	1.1756

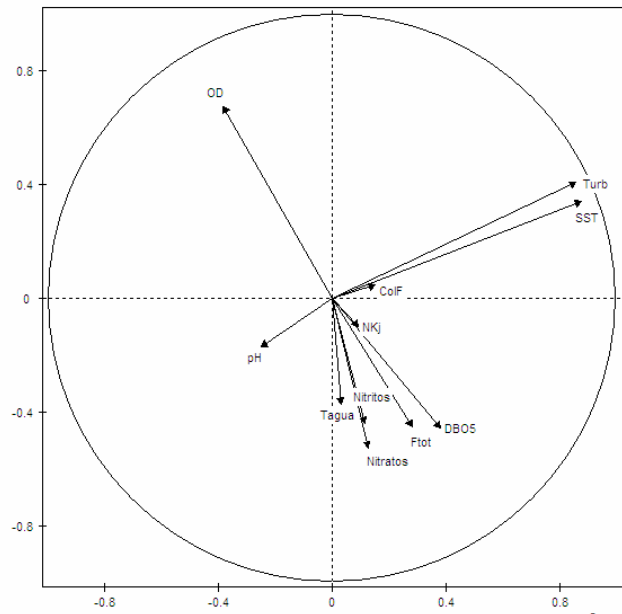
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

1*
2*
3	*.....*
4	*.....*
5	*.....*

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
VARIABLES ACTIVES

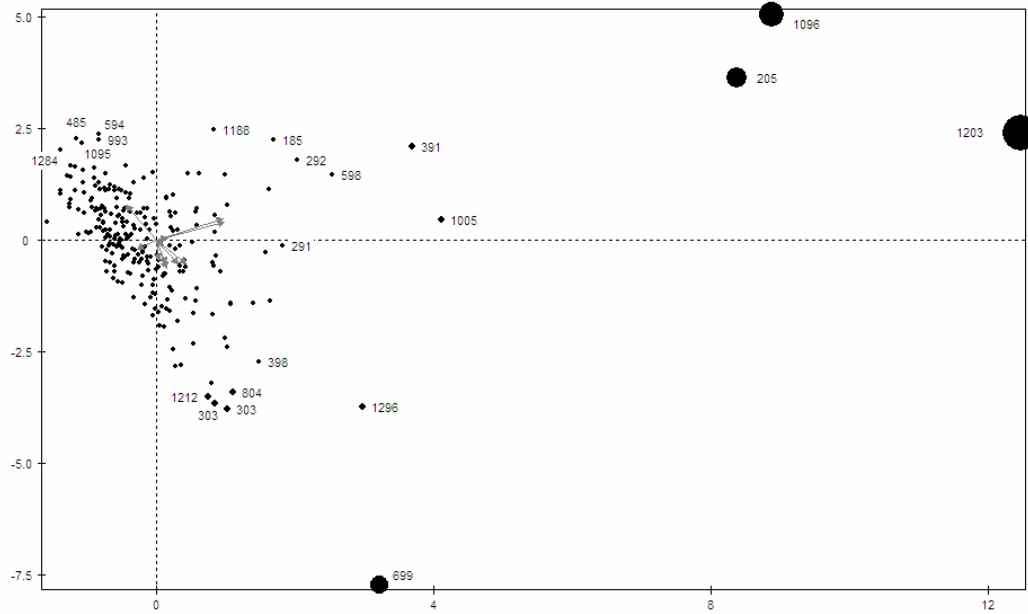
VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	0.15	0.05	-0.59	0.04	0.48	0.15	0.05	-0.59	0.04	0.48	0.11	0.03	-0.51	0.04	0.48
DBO5 - DBO5	0.38	-0.45	-0.32	0.03	-0.14	0.38	-0.45	-0.32	0.03	-0.14	0.27	-0.34	-0.27	0.03	-0.14
Ftot - Ftot	0.28	-0.45	0.11	-0.04	0.06	0.28	-0.45	0.11	-0.04	0.06	0.20	-0.34	0.10	-0.04	0.06
Nitra - Nitratos	0.13	-0.53	0.58	-0.09	-0.05	0.13	-0.53	0.58	-0.09	-0.05	0.09	-0.39	0.50	-0.09	-0.05
Nitri - Nitritos	0.12	-0.44	-0.47	0.30	-0.36	0.12	-0.44	-0.47	0.30	-0.36	0.08	-0.33	-0.41	0.29	-0.36
NKJ - NKJ	0.09	-0.10	-0.10	-0.72	-0.51	0.09	-0.10	-0.10	-0.72	-0.51	0.06	-0.07	-0.09	-0.69	-0.51
OD - OD	-0.38	0.67	0.02	-0.22	-0.12	-0.38	0.67	0.02	-0.22	-0.12	-0.27	0.50	0.02	-0.21	-0.12
pH - pH	-0.25	-0.17	0.50	0.39	-0.01	-0.25	-0.17	0.50	0.39	-0.01	-0.18	-0.13	0.43	0.37	-0.01
SST - SST	0.87	0.34	0.19	0.05	-0.02	0.87	0.34	0.19	0.05	-0.02	0.62	0.25	0.17	0.05	-0.02
Tagu - Tagua	0.03	-0.37	0.08	-0.51	0.58	0.03	-0.37	0.08	-0.51	0.58	0.02	-0.28	0.07	-0.49	0.58
Turb - Turb	0.86	0.41	0.15	0.03	0.01	0.86	0.41	0.15	0.03	0.01	0.61	0.30	0.13	0.03	0.01

Componente 2 - 16.37 %

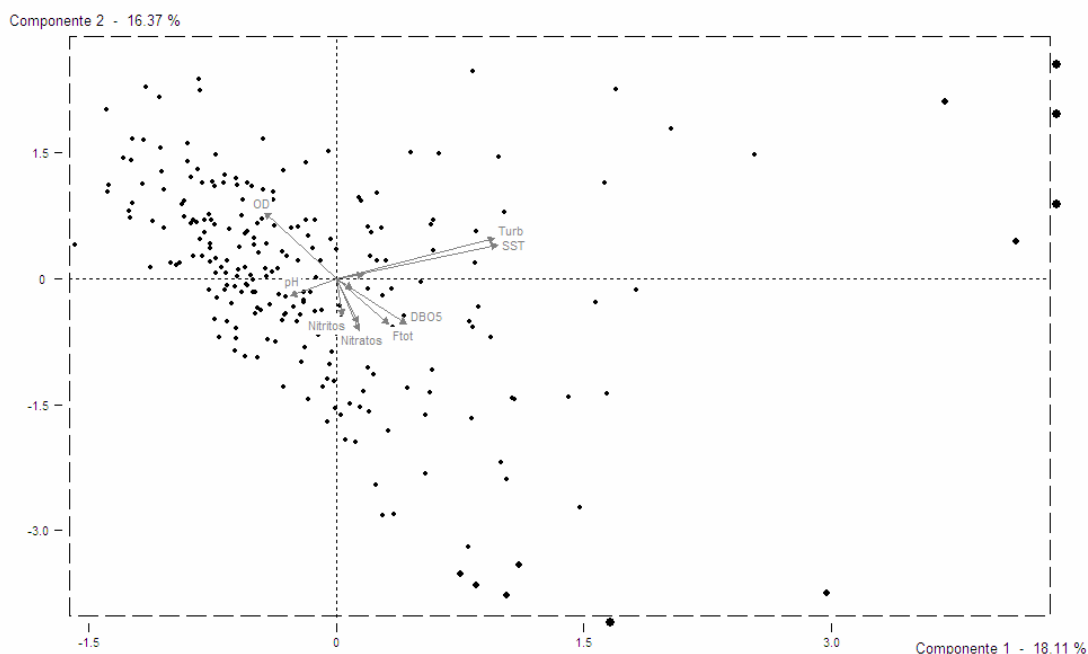


Componente 1 - 18.11 %

Componente 2 - 16.37 %



Componente 1 - 18.11



MICROCUENCA RÍO DE ORO MEDIO

LR02

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
EFFECTIF TOTAL : 36 POIDS TOTAL : 36.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	36	36.00	79108.34	77317.80	2300.00	240000.00
2	DBO5 - DBO5	36	36.00	3.31	2.67	1.30	12.00
3	Ftot - Ftot	36	36.00	0.23	0.16	0.01	0.63
4	Nitra - Nitratos	36	36.00	0.71	0.30	0.05	1.70
5	Nitri - Nitritos	36	36.00	0.05	0.05	0.01	0.20
6	NKJ - NKJ	36	36.00	1.82	1.04	0.50	4.70
7	OD - OD	36	36.00	5.57	1.55	1.10	7.40
8	pH - pH	36	36.00	7.25	0.18	6.74	7.53
9	SST - SST	36	36.00	75.53	166.04	4.00	1002.00
10	Tagu - Tagua	36	36.00	21.55	1.48	19.00	23.70
11	Turb - Turb	36	36.00	74.94	140.36	10.00	840.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.28	1.00									
Ftot	0.35	0.57	1.00								
Nitra	0.31	-0.09	-0.09	1.00							
Nitri	-0.15	0.24	0.09	0.26	1.00						
NKJ	0.18	0.60	0.62	-0.39	0.08	1.00					
OD	0.13	-0.48	-0.47	0.58	0.00	-0.77	1.00				
pH	-0.25	0.00	-0.09	-0.30	0.09	0.02	-0.13	1.00			
SST	0.48	0.39	0.47	0.10	0.07	0.37	0.00	-0.14	1.00		
Tagu	0.28	-0.07	0.00	0.17	-0.33	-0.28	0.14	-0.06	-0.18	1.00	
Turb	0.50	0.39	0.47	0.13	0.11	0.35	0.03	-0.16	0.99	-0.21	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	1.73	99.99									
Ftot	2.19	3.88	99.99								
Nitr	1.89	-0.52	-0.56	99.99							
Nitr	-0.89	1.44	0.53	1.62	99.99						
NKJ	1.08	4.14	4.36	-2.50	0.45	99.99					
OD	0.80	-3.11	-3.07	3.96	0.02	-6.14	99.99				
pH	-1.55	0.01	-0.52	-1.85	0.54	0.10	-0.78	99.99			
SST	3.16	2.44	3.10	0.62	0.41	2.32	-0.02	-0.87	99.99		
Tagu	1.73	-0.41	0.03	1.00	-2.08	-1.73	0.83	-0.37	-1.06	99.99	
Turb	3.30	2.47	3.04	0.81	0.66	2.16	0.16	-0.97	15.19	-1.30	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	3.6145	32.86	32.86	*****
2	2.4120	21.93	54.79	*****
3	1.4917	13.56	68.35	*****
4	1.0375	9.43	77.78	*****
5	0.8897	8.09	85.87	*****
6	0.4373	3.98	89.84	*****
7	0.3981	3.62	93.46	*****
8	0.3183	2.89	96.36	*****
9	0.2696	2.45	98.81	*****
10	0.1219	1.11	99.92	***
11	0.0093	0.08	100.00	*

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
3-- 4	-610.97	*****
5-- 6	-453.75	*****
2-- 3	-159.76	*****

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
2-- 3	466.14	*****
5-- 6	413.17	*****
3-- 4	306.38	*****
1-- 2	282.15	*****
7-- 8	31.06	****

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON

INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	1.9210	3.6145	5.3080
2	1.2819	2.4120	3.5421
3	0.7928	1.4917	2.1906
4	0.5514	1.0375	1.5237
5	0.4729	0.8897	1.3066

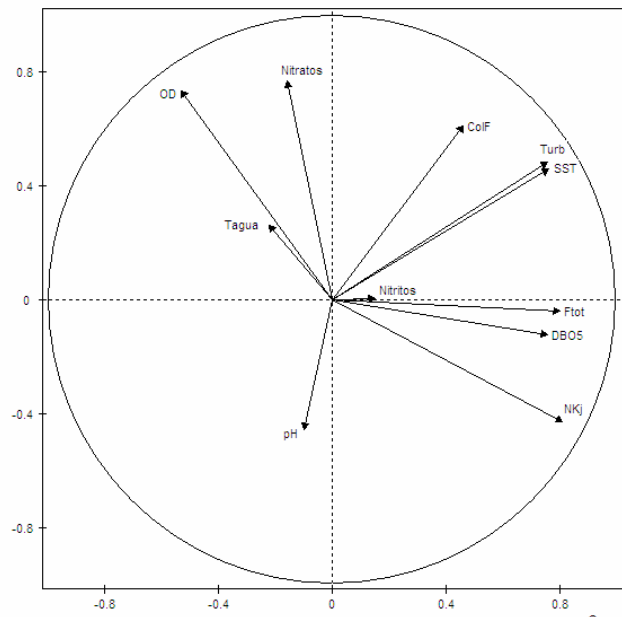
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

1*
2*-----*
3*-----*
4*-----*
5*-----*

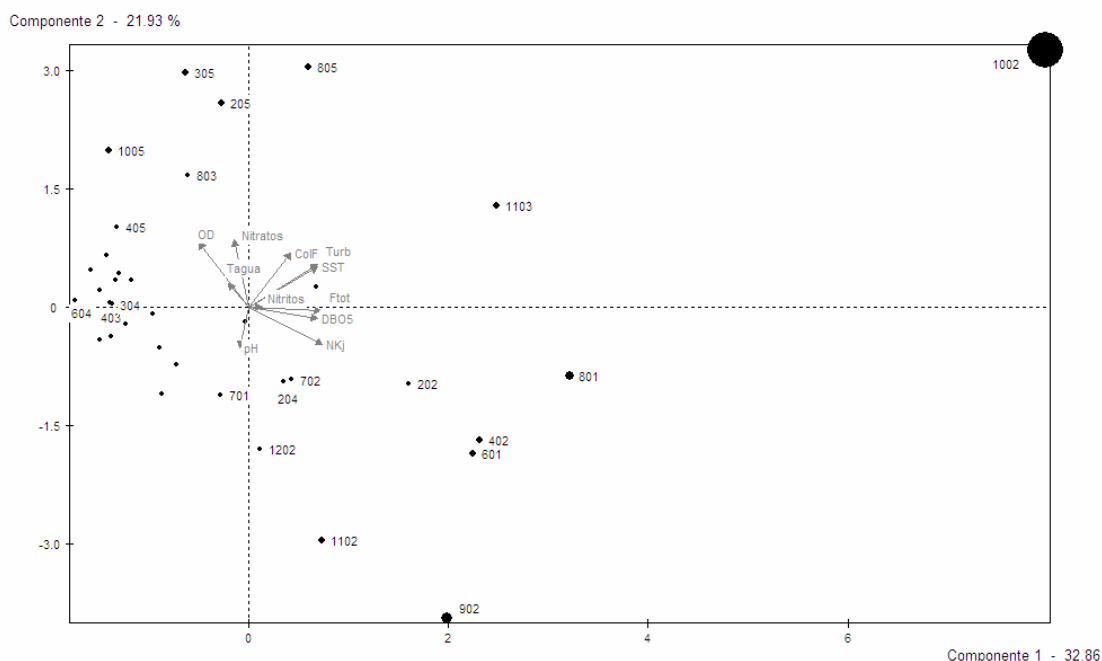
COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
VARIABLES ACTIVES

VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDEN - LIBELLE COURT															
ColF - ColF	0.46	0.61	0.38	0.06	-0.13	0.46	0.61	0.38	0.06	-0.13	0.24	0.39	0.31	0.06	-0.14
DBO5 - DBO5	0.76	-0.12	0.00	0.38	-0.12	0.76	-0.12	0.00	0.38	-0.12	0.40	-0.08	0.00	0.37	-0.13
Ftot - Ftot	0.80	-0.04	0.17	0.22	-0.03	0.80	-0.04	0.17	0.22	-0.03	0.42	-0.02	0.14	0.22	-0.03
Nitra - Nitratos	-0.16	0.77	-0.22	0.41	0.00	-0.16	0.77	-0.22	0.41	0.00	-0.08	0.49	-0.18	0.41	0.00
Nitri - Nitritos	0.15	0.00	-0.78	0.50	-0.10	0.15	0.00	-0.78	0.50	-0.10	0.08	0.00	-0.64	0.49	-0.10
NKJ - NKJ	0.81	-0.43	0.07	0.04	0.13	0.81	-0.43	0.07	0.04	0.13	0.43	-0.27	0.05	0.04	0.14
OD - OD	-0.53	0.73	-0.19	-0.14	-0.13	-0.53	0.73	-0.19	-0.14	-0.13	-0.28	0.47	-0.16	-0.14	-0.13
pH - pH	-0.10	-0.45	-0.17	-0.15	-0.84	-0.10	-0.45	-0.17	-0.15	-0.84	-0.05	-0.29	-0.14	-0.15	-0.89
SST - SST	0.76	0.46	-0.14	-0.37	-0.10	0.76	0.46	-0.14	-0.37	-0.10	0.40	0.29	-0.11	-0.36	-0.10
Tagu - Tagua	-0.22	0.26	0.73	0.34	-0.31	-0.22	0.26	0.73	0.34	-0.31	-0.12	0.17	0.60	0.34	-0.33
Turb - Turb	0.75	0.48	-0.18	-0.35	-0.08	0.75	0.48	-0.18	-0.35	-0.08	0.40	0.31	-0.15	-0.35	-0.09

Composante 2 - 21.93 %



Composante 1 - 32.86 %



SO01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 239 POIDS TOTAL : 239.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	239	239.00	8661313.81	23898255.3	1500.00	240000000
2	DBO5 - DBO5	239	239.00	91.30	92.66	1.20	300.00
3	Ftot - Ftot	239	239.00	3.38	2.71	0.06	27.55
4	Nitra - Nitratos	172	172.00	0.10	0.14	0.00	0.85
5	Nitri - Nitritos	167	167.00	0.07	0.09	0.00	0.63
6	NKJ - NKJ	239	239.00	28.30	20.16	1.10	76.72
7	OD - OD	163	163.00	2.43	2.15	0.00	8.30
8	pH - pH	239	239.00	7.39	0.25	6.10	7.90
9	SST - SST	236	236.00	149.96	190.54	10.00	1936.00
10	Tagu - Tagua	239	239.00	23.02	1.96	17.00	27.00
11	Turb - Turb	239	239.00	81.95	107.58	5.50	1100.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.25	1.00									
Ftot	0.15	0.64	1.00								
Nitr	-0.01	-0.02	-0.04	1.00							
Nitri	-0.08	-0.12	-0.19	0.06	1.00						
NKJ	0.27	0.93	0.67	-0.05	-0.20	1.00					
OD	-0.13	-0.21	-0.32	0.27	0.26	-0.27	1.00				
pH	-0.04	0.03	0.12	-0.06	0.06	0.03	0.08	1.00			
SST	0.14	0.34	0.20	0.14	0.01	0.30	0.07	-0.02	1.00		
Tagu	0.16	0.28	0.28	-0.07	-0.16	0.33	-0.25	-0.22	0.18	1.00	
Turb	0.04	0.18	0.23	0.15	0.04	0.14	0.15	-0.06	0.87	0.12	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	4.01	99.99									
Ftot	2.36	11.72	99.99								
Nitr	-0.14	-0.24	-0.54	99.99							
Nitri	-1.10	-1.56	-2.52	0.84	99.99						
NKJ	4.29	25.17	12.55	-0.64	-2.66	99.99					
OD	-1.63	-2.75	-4.23	3.54	3.44	-3.59	99.99				
pH	-0.66	0.47	1.87	-0.73	0.78	0.40	1.08	99.99			
SST	2.18	5.39	3.18	1.86	0.07	4.74	0.95	-0.29	99.99		
Tagu	2.42	4.48	4.39	-0.88	-2.02	5.39	-3.21	-3.40	2.72	99.99	
Turb	0.65	2.77	3.56	1.96	0.54	2.20	1.89	-0.90	20.61	1.88	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE	
1	3.2175	29.25	29.25	*****
2	1.9148	17.41	46.66	*****
3	1.2474	11.34	58.00	*****
4	0.9942	9.04	67.03	*****
5	0.9064	8.24	75.28	*****
6	0.8703	7.91	83.19	*****
7	0.6649	6.04	89.23	*****
8	0.6275	5.70	94.94	*****
9	0.4044	3.68	98.61	*****
10	0.0851	0.77	99.39	***
11	0.0675	0.61	100.00	**

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
8-- 9	-353.48	*****
2-- 3	-248.65	*****
1-- 2	-221.14	*****
6-- 7	-220.80	*****
3-- 4	-113.92	*****

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER	
1-- 2	635.30	*****
2-- 3	414.16	*****
6-- 7	167.88	*****
3-- 4	165.51	*****
4-- 5	51.59	*****

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.6394	3.2175	3.7956
2	1.5708	1.9148	2.2588
3	1.0233	1.2474	1.4715
4	0.8155	0.9942	1.1728
5	0.7436	0.9064	1.0693

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

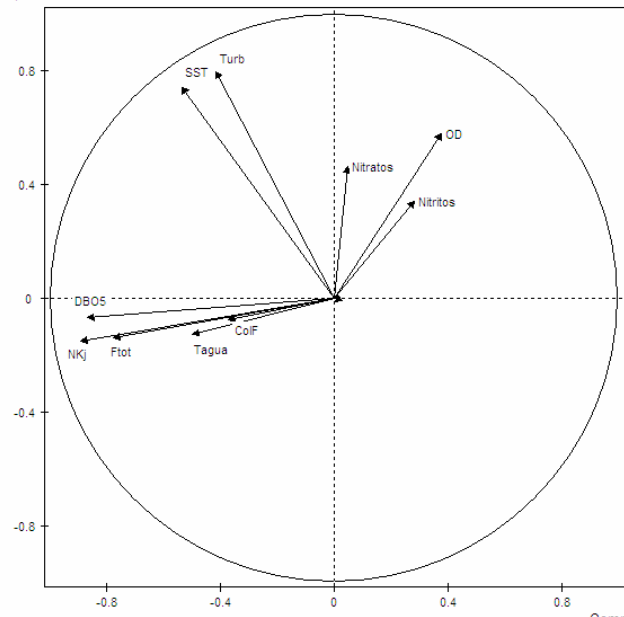
```

1 . . . . . *-----*
-----*
2 . . . . . *-----*
. . . . .
3 . . . . . *-----*
. . . . .
4 . *-----*
. . . . .
5 *-----*
. . . . .
    
```

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

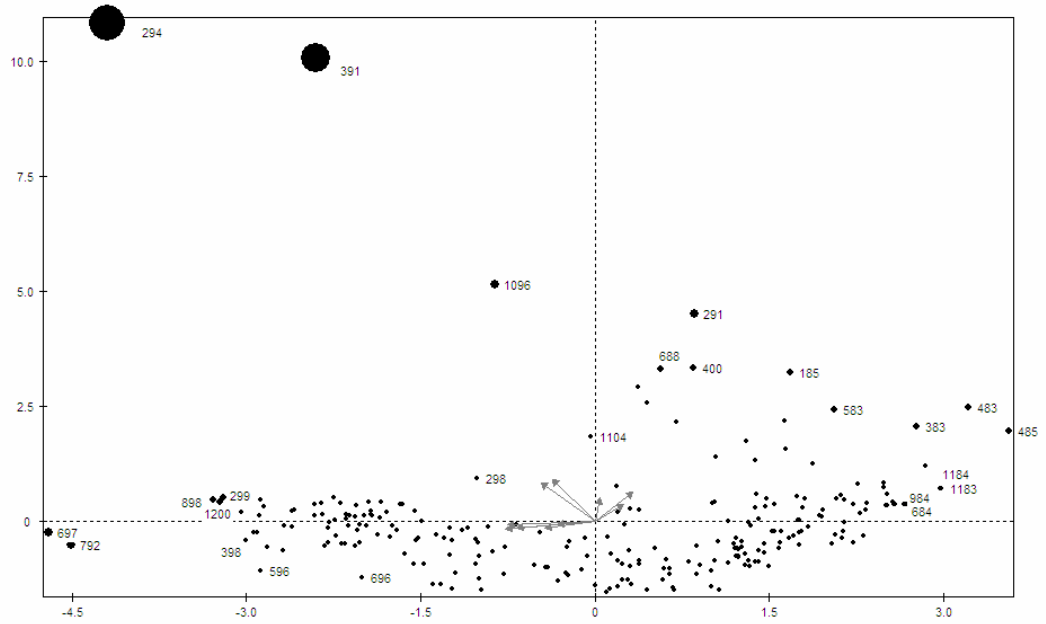
VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDEN - LIBELLE COURT															
ColF - ColF	-0.37	-0.07	0.11	-0.40	0.60	-0.37	-0.07	0.11	-0.40	0.60	-0.21	-0.05	0.10	-0.40	0.63
DBO5 - DBO5	-0.87	-0.07	-0.25	-0.19	0.01	-0.87	-0.07	-0.25	-0.19	0.01	-0.48	-0.05	-0.23	-0.19	0.01
Ftot - Ftot	-0.78	-0.14	-0.25	0.04	-0.16	-0.78	-0.14	-0.25	0.04	-0.16	-0.43	-0.10	-0.22	0.04	-0.17
Nitra - Nitratos	0.05	0.46	-0.02	-0.67	-0.44	0.05	0.46	-0.02	-0.67	-0.44	0.03	0.34	-0.01	-0.67	-0.47
Nitri - Nitritos	0.28	0.34	-0.27	-0.12	0.56	0.28	0.34	-0.27	-0.12	0.56	0.16	0.25	-0.25	-0.12	0.59
NKJ - NKJ	-0.89	-0.15	-0.21	-0.17	-0.03	-0.89	-0.15	-0.21	-0.17	-0.03	-0.50	-0.11	-0.19	-0.17	-0.03
OD - OD	0.38	0.58	-0.23	-0.27	0.00	0.38	0.58	-0.23	-0.27	0.00	0.21	0.42	-0.21	-0.27	0.00
pH - pH	0.03	-0.01	-0.81	0.26	0.00	0.03	-0.01	-0.81	0.26	0.00	0.02	-0.01	-0.73	0.26	0.00
SST - SST	-0.53	0.74	0.12	0.26	0.06	-0.53	0.74	0.12	0.26	0.06	-0.30	0.53	0.11	0.26	0.06
Tagu - Tagua	-0.50	-0.13	0.49	-0.02	0.05	-0.50	-0.13	0.49	-0.02	0.05	-0.28	-0.09	0.44	-0.02	0.05
Turb - Turb	-0.42	0.80	0.15	0.32	0.00	-0.42	0.80	0.15	0.32	0.00	-0.23	0.58	0.14	0.32	0.00

Componente 2 - 17.41 %

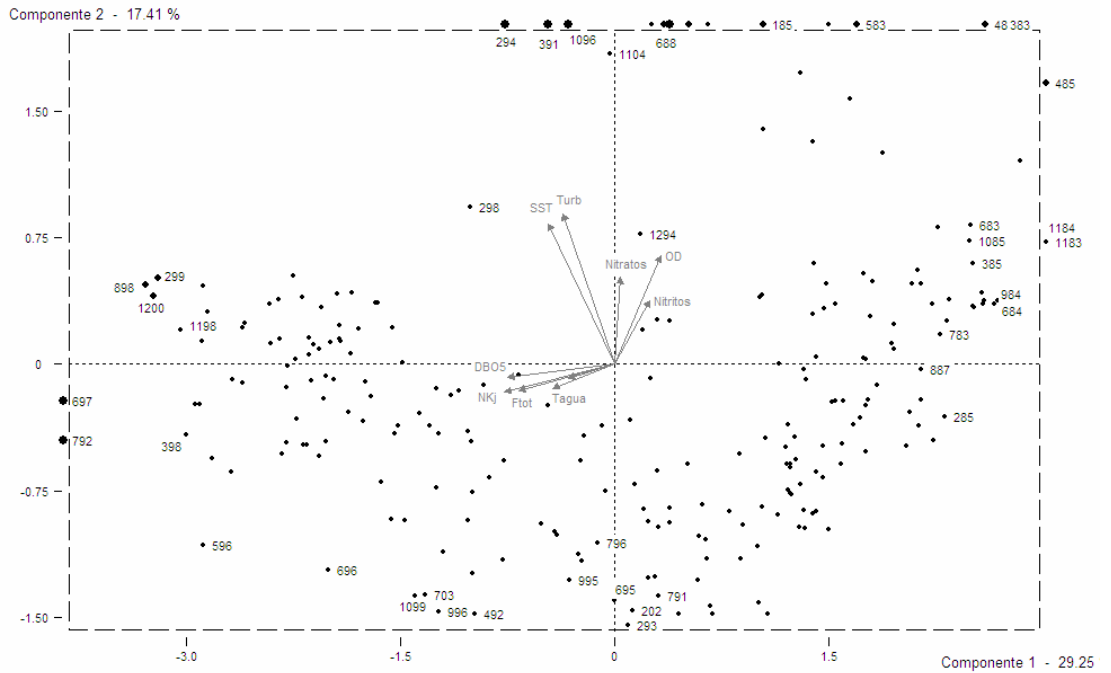


Componente 1 - 29.25 %

Componente 2 - 17.41 %



Componente 1 - 29.25 %



ROP

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 228 POIDS TOTAL : 228.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	228	228.00	445063.94	646853.94	200.00	240000.00
2	DBO5 - DBO5	228	228.00	6.84	3.82	0.30	26.00
3	Ftot - Ftot	228	228.00	0.71	6.20	0.01	94.00
4	Nitra - Nitratos	228	228.00	0.29	0.23	0.01	1.22
5	Nitri - Nitritos	228	228.00	0.11	0.10	0.00	0.61
6	NKJ - NKJ	228	228.00	3.13	1.66	0.56	20.00
7	OD - OD	228	228.00	7.07	0.67	5.00	9.10
8	pH - pH	228	228.00	7.37	0.34	6.30	8.20
9	SST - SST	228	228.00	97.37	279.03	4.00	3570.00
10	Tagu - Tagua	228	228.00	19.43	1.94	14.00	27.00
11	Turb - Turb	228	228.00	36.81	75.09	3.30	850.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.46	1.00									
Ftot	0.01	-0.02	1.00								
Nitr	0.14	0.31	0.24	1.00							
Nitri	0.18	0.12	-0.06	0.06	1.00						
NKJ	-0.06	0.05	0.08	-0.13	0.02	1.00					
OD	-0.24	-0.51	0.06	-0.38	-0.26	-0.01	1.00				
pH	0.03	-0.04	-0.09	-0.10	-0.13	0.01	-0.08	1.00			
SST	-0.01	0.02	0.83	0.18	-0.13	0.11	0.06	-0.18	1.00		
Tagu	0.03	-0.05	0.02	-0.12	0.18	-0.01	0.06	-0.18	0.09	1.00	
Turb	-0.04	0.05	0.42	0.11	-0.13	0.15	0.01	-0.15	0.79	0.13	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	7.53	99.99									
Ftot	0.16	-0.27	99.99								
Nitr	2.05	4.92	3.75	99.99							
Nitri	2.68	1.75	-0.92	0.94	99.99						
NKJ	-0.91	0.83	1.22	-2.04	0.36	99.99					
OD	-3.67	-8.44	0.89	-6.03	-3.99	-0.19	99.99				
pH	0.40	-0.65	-1.44	-1.47	-1.97	0.14	-1.18	99.99			
SST	-0.17	0.37	17.74	2.76	-2.01	1.74	0.97	-2.72	99.99		
Tagu	0.38	-0.74	0.34	-1.85	2.78	-0.22	0.86	-2.71	1.29	99.99	
Turb	-0.54	0.79	6.75	1.72	-2.04	2.29	0.11	-2.24	16.01	1.94	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000
 HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.5277	22.98	22.98
2	2.1305	19.37	42.35
3	1.3194	11.99	54.34
4	1.0918	9.93	64.27
5	0.9193	8.36	72.63
6	0.8314	7.56	80.18
7	0.7506	6.82	87.01
8	0.5672	5.16	92.16
9	0.4454	4.05	96.21
10	0.3693	3.36	99.57
11	0.0473	0.43	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	-528.30
7-- 8	-109.80
4-- 5	-77.42

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	583.50
4-- 5	84.53
7-- 8	61.74
3-- 4	55.20
5-- 6	7.11

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.0627	2.5277	2.9928
2	1.7386	2.1305	2.5225
3	1.0767	1.3194	1.5621
4	0.8909	1.0918	1.2926
5	0.7502	0.9193	1.0885

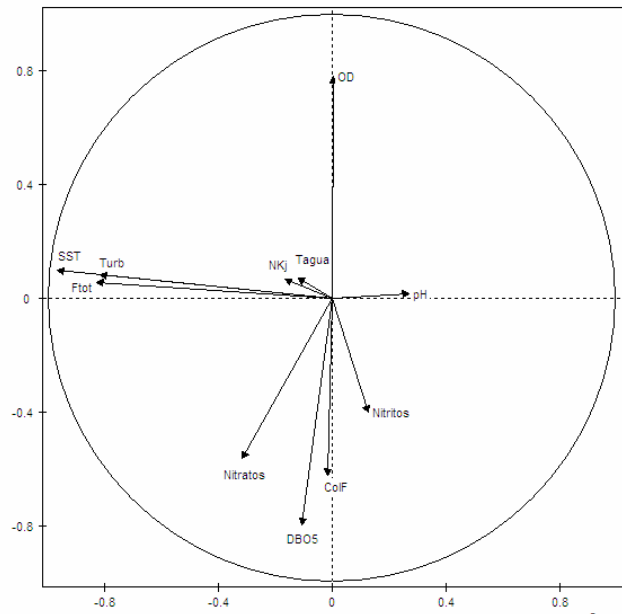
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

1	*
2	*
3	*
4	*
5	*

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

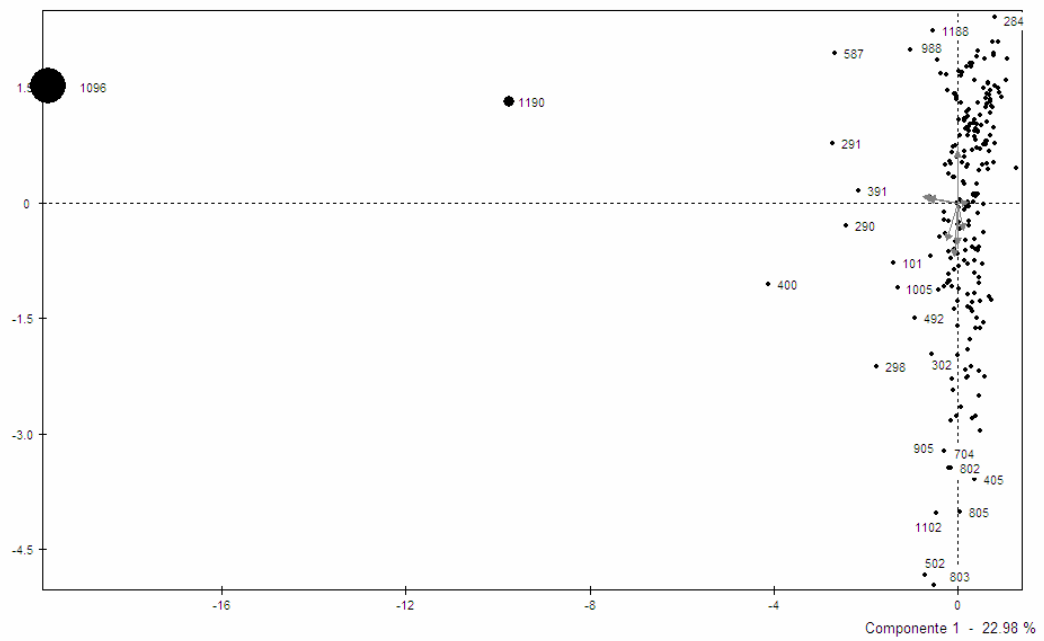
IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	-0.02	-0.62	-0.08	0.10	0.59	-0.02	-0.62	-0.08	0.10	0.59	-0.01	-0.43	-0.07	0.10	0.62
DBO5 - DBO5	-0.11	-0.80	0.06	0.18	0.12	-0.11	-0.80	0.06	0.18	0.12	-0.07	-0.55	0.05	0.17	0.13
Ftot - Ftot	-0.83	0.05	0.10	-0.08	0.03	-0.83	0.05	0.10	-0.08	0.03	-0.52	0.04	0.08	-0.07	0.03
Nitra - Nitratos	-0.32	-0.56	0.23	-0.41	-0.32	-0.32	-0.56	0.23	-0.41	-0.32	-0.20	-0.38	0.20	-0.40	-0.34
Nitri - Nitritos	0.13	-0.40	-0.59	0.06	-0.24	0.13	-0.40	-0.59	0.06	-0.24	0.08	-0.27	-0.52	0.06	-0.25
NKJ - NKJ	-0.17	0.07	-0.04	0.87	-0.34	-0.17	0.07	-0.04	0.87	-0.34	-0.11	0.05	-0.03	0.83	-0.35
OD - OD	0.00	0.78	-0.08	-0.10	0.22	0.00	0.78	-0.08	-0.10	0.22	0.00	0.53	-0.07	-0.09	0.23
pH - pH	0.27	0.01	0.56	0.30	0.35	0.27	0.01	0.56	0.30	0.35	0.17	0.01	0.49	0.29	0.37
SST - SST	-0.97	0.10	0.03	0.01	0.08	-0.97	0.10	0.03	0.01	0.08	-0.61	0.07	0.03	0.01	0.08
Tagu - Tagua	-0.12	0.07	-0.76	0.01	0.30	-0.12	0.07	-0.76	0.01	0.30	-0.08	0.05	-0.66	0.01	0.31
Turb - Turb	-0.82	0.08	-0.02	0.13	0.08	-0.82	0.08	-0.02	0.13	0.08	-0.51	0.06	-0.02	0.13	0.08

Componente 2 - 19.37 %

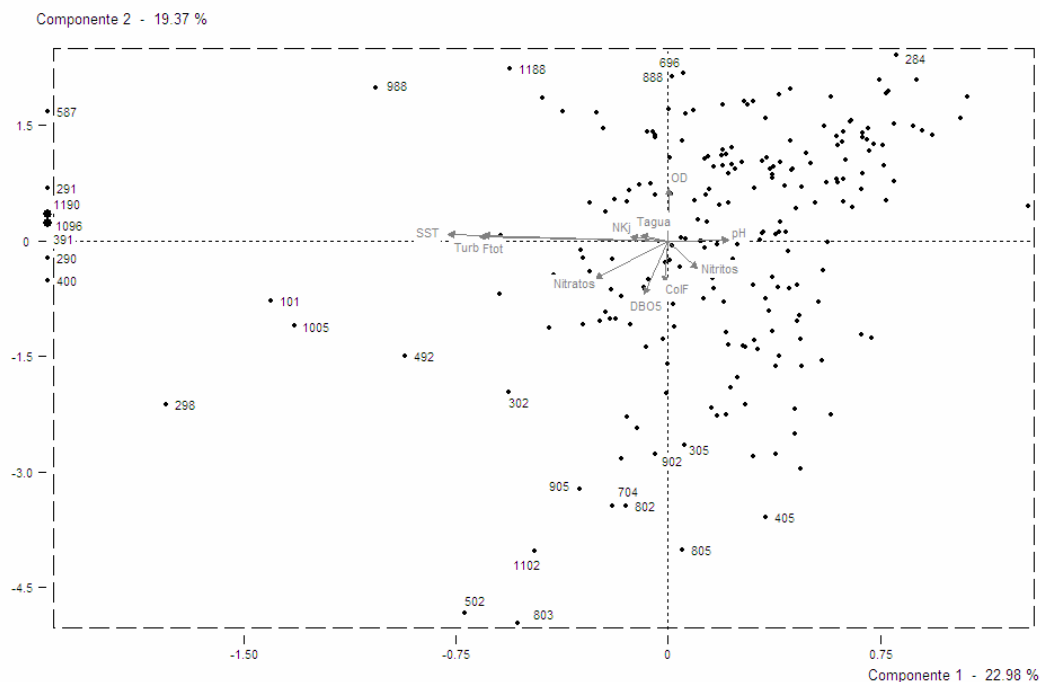


Componente 1 - 22.98 %

Componente 2 - 19.37 %



Componente 1 - 22.98 %



RO4A

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 251 POIDS TOTAL : 251.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	251	251.00	255002.27	90000.36	1500	2400000.0
2	DBO5 - DBO5	251	251.00	5.12	5.74	0.80	40.00
3	Ftot - Ftot	251	251.00	0.48	0.36	0.04	3.04
4	Nitra - Nitratos	251	251.00	0.87	1.10	0.01	11.54
5	Nitri - Nitrites	251	251.00	0.25	0.30	0.00	1.68
6	NKJ - NKJ	251	251.00	2.97	1.98	0.48	24.97
7	OD - OD	251	251.00	6.90	0.63	4.50	8.30
8	pH - pH	251	251.00	7.46	0.36	6.30	8.60
9	SST - SST	251	251.00	181.09	389.75	3.00	3300.00
10	Tagu - Tagua	251	251.00	22.98	1.70	19.00	27.00
11	Turb - Turb	250	250.00	108.04	256.04	1.70	2400.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.32	1.00									
Ftot	0.04	0.28	1.00								
Nitr	0.27	0.08	0.06	1.00							
Nitri	0.13	-0.01	0.02	-0.05	1.00						
NKJ	0.14	0.47	0.21	-0.09	-0.04	1.00					
OD	-0.34	-0.52	-0.20	-0.37	0.01	-0.20	1.00				
pH	-0.09	-0.18	0.01	0.01	-0.11	-0.14	0.02	1.00			
SST	0.18	0.60	0.18	0.04	-0.10	0.47	-0.44	-0.22	1.00		
Tagu	-0.05	-0.15	0.08	-0.13	0.18	-0.08	0.29	0.04	-0.29	1.00	
Turb	0.07	0.52	0.25	-0.02	-0.11	0.40	-0.38	-0.19	0.88	-0.24	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	5.27	99.99									
Ftot	0.66	4.48	99.99								
Nitr	4.44	1.26	1.02	99.99							
Nitri	2.13	-0.19	0.27	-0.73	99.99						
NKJ	2.23	8.01	3.40	-1.40	-0.67	99.99					
OD	-5.68	-9.21	-3.29	-6.10	0.21	-3.25	99.99				
pH	-1.41	-2.85	0.09	0.24	-1.73	-2.19	0.28	99.99			
SST	2.92	10.92	2.88	0.56	-1.64	8.04	-7.51	-3.62	99.99		
Tagu	-0.86	-2.36	1.26	-2.13	2.95	-1.23	4.69	0.58	-4.71	99.99	
Turb	1.08	9.11	4.04	-0.24	-1.70	6.67	-6.31	-3.03	21.59	-3.83	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	3.3800	30.73	30.73
2	1.4763	13.42	44.15
3	1.2978	11.80	55.95
4	1.0835	9.85	65.80
5	0.8182	7.44	73.23
6	0.7722	7.02	80.25
7	0.6469	5.88	86.14
8	0.5680	5.16	91.30
9	0.5052	4.59	95.89
10	0.3471	3.16	99.05
11	0.1047	0.95	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
1-- 2	-1761.11
4-- 5	-298.61
6-- 7	-30.31

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
1-- 2	1725.26
4-- 5	219.33
6-- 7	46.39
7-- 8	16.08

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.7875	3.3800	3.9726
2	1.2175	1.4763	1.7351
3	1.0703	1.2978	1.5253
4	0.8936	1.0835	1.2735
5	0.6748	0.8182	0.9616

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

```

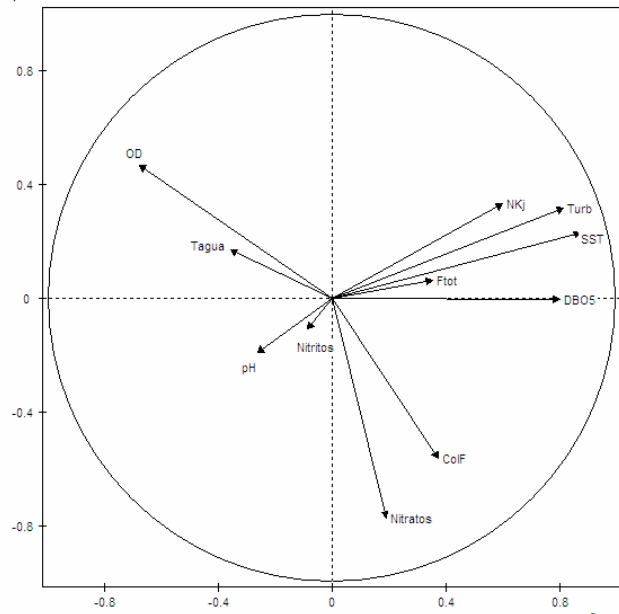
1 . . . . . *-----*
-----*
2 . . . . . *-----+-----*
. . .
3 . . . . . *-----+-----*
. . .
4 . . . *-----+-----*
. . .
5 *-----*
. . .

```

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

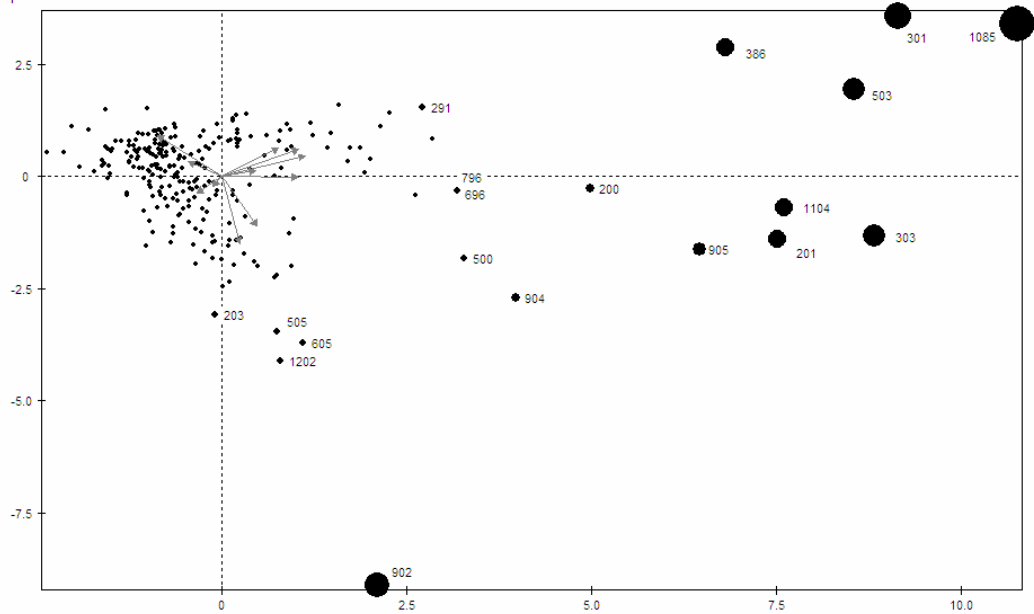
VARIABLES	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
IDEN - LIBELLE COURT															
ColF - ColF	0.37	-0.56	-0.35	0.16	-0.32	0.37	-0.56	-0.35	0.16	-0.32	0.20	-0.46	-0.30	0.15	-0.35
DBO5 - DBO5	0.80	-0.01	-0.17	-0.06	-0.13	0.80	-0.01	-0.17	-0.06	-0.13	0.44	0.00	-0.15	-0.06	-0.14
Ftot - Ftot	0.35	0.06	-0.28	-0.68	0.41	0.35	0.06	-0.28	-0.68	0.41	0.19	0.05	-0.25	-0.65	0.46
Nitra - Nitratos	0.19	-0.77	0.10	-0.06	0.35	0.19	-0.77	0.10	-0.06	0.35	0.10	-0.64	0.09	-0.06	0.39
Nitri - Nitritos	-0.09	-0.11	-0.73	0.22	-0.12	-0.09	-0.11	-0.73	0.22	-0.12	-0.05	-0.09	-0.64	0.21	-0.14
NKJ - NKJ	0.60	0.33	-0.16	-0.09	-0.28	0.60	0.33	-0.16	-0.09	-0.28	0.32	0.27	-0.14	-0.09	-0.31
OD - OD	-0.68	0.47	-0.06	0.09	0.02	-0.68	0.47	-0.06	0.09	0.02	-0.37	0.38	-0.05	0.09	0.03
pH - pH	-0.26	-0.19	0.30	-0.65	-0.55	-0.26	-0.19	0.30	-0.65	-0.55	-0.14	-0.16	0.27	-0.62	-0.61
SST - SST	0.87	0.23	0.11	0.10	-0.01	0.87	0.23	0.11	0.10	-0.01	0.47	0.19	0.10	0.10	-0.01
Tagu - Tagua	-0.36	0.17	-0.61	-0.32	0.04	-0.36	0.17	-0.61	-0.32	0.04	-0.19	0.14	-0.54	-0.30	0.05
Turb - Turb	0.81	0.32	0.12	0.01	0.08	0.81	0.32	0.12	0.01	0.08	0.44	0.26	0.11	0.01	0.09

Componente 2 - 13.42 %

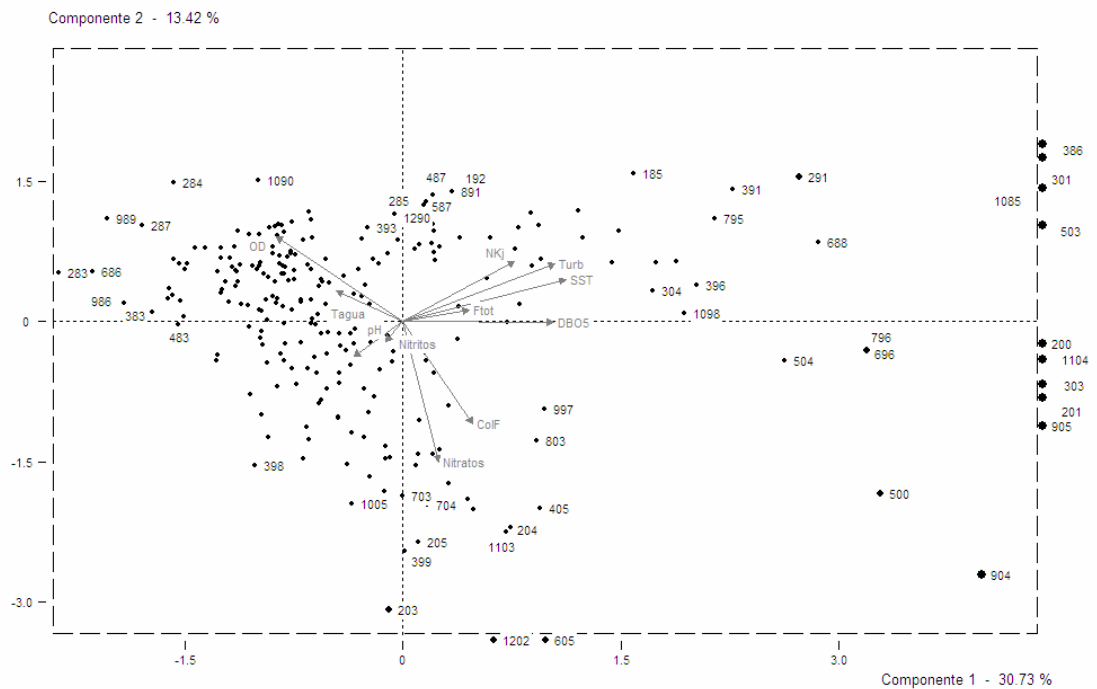


Componente 1 - 30.73 %

Componente 2 - 13.42 %



Componente 1 - 30.73 %



RO4B

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 83 POIDS TOTAL : 83.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	83	83.00	488100.061311176	50	9100.00	11100000
2	DBO5 - DBO5	83	83.00	8.12	4.95	1.80	30.00
3	Ftot - Ftot	83	83.00	0.42	0.12	0.13	0.73
4	Nitra - Nitratos	83	83.00	0.58	0.17	0.15	1.16
5	Nitri - Nitritos	83	83.00	0.20	0.08	0.04	0.48
6	NKJ - NKJ	83	83.00	3.95	1.05	2.31	8.56
7	OD - OD	83	83.00	5.66	0.69	3.90	6.90
8	pH - pH	83	83.00	7.52	0.19	7.00	8.10
9	SST - SST	83	83.00	91.66	194.77	5.00	1392.00
10	Tagu - Tagu	83	83.00	21.81	1.65	19.00	25.20
11	Turb - Turb	83	83.00	49.36	83.85	5.00	520.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.07	1.00									
Ftot	-0.03	0.17	1.00								
Nitr	-0.11	0.09	-0.08	1.00							
Nitri	-0.17	-0.06	0.28	0.19	1.00						
NKJ	-0.10	0.17	0.15	0.29	0.09	1.00					
OD	0.09	-0.40	-0.42	-0.08	-0.42	-0.14	1.00				
pH	-0.02	-0.11	-0.03	-0.06	0.14	-0.21	-0.16	1.00			
SST	0.05	0.55	0.16	-0.01	-0.41	0.18	-0.14	-0.30	1.00		
Tagu	0.22	0.07	0.23	-0.08	0.19	-0.06	-0.12	-0.05	-0.07	1.00	
Turb	0.09	0.40	0.18	0.13	-0.36	0.14	-0.08	-0.34	0.74	0.07	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	0.65	99.99									
Ftot	-0.25	1.56	99.99								
Nitr	-1.04	0.80	-0.73	99.99							
Nitri	-1.55	-0.56	2.58	1.71	99.99						
NKJ	-0.96	1.59	1.35	2.68	0.85	99.99					
OD	0.80	-3.85	-4.11	-0.77	-4.09	-1.29	99.99				
pH	-0.16	-1.00	-0.29	-0.58	1.31	-1.95	-1.45	99.99			
SST	0.45	5.66	1.43	-0.09	-3.95	1.67	-1.28	-2.79	99.99		
Tagu	1.99	0.60	2.13	-0.70	1.71	-0.53	-1.10	-0.47	-0.63	99.99	
Turb	0.79	3.87	1.69	1.22	-3.42	1.30	-0.72	-3.25	8.75	0.66	99.99

VALEURS PROPRES
 APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.6226	23.84	23.84
2	2.0142	18.31	42.15
3	1.4521	13.20	55.35
4	1.1105	10.10	65.45
5	0.9402	8.55	74.00
6	0.7380	6.71	80.70
7	0.6361	5.78	86.49
8	0.5904	5.37	91.85
9	0.3840	3.49	95.35
10	0.3187	2.90	98.24
11	0.1933	1.76	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
8-- 9	-216.85
3-- 4	-203.29
2-- 3	-49.26
5-- 6	-44.23

RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
2-- 3	220.56
3-- 4	171.30
5-- 6	100.40
6-- 7	56.16
1-- 2	46.27

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
 INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	1.8198	2.6226	3.4254
2	1.3976	2.0142	2.6307
3	1.0076	1.4521	1.8965
4	0.7706	1.1105	1.4504
5	0.6524	0.9402	1.2280

ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES

```

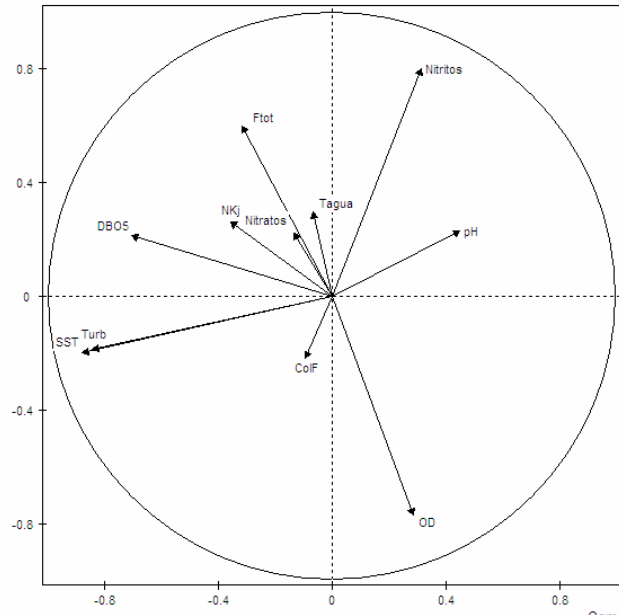
1 . . . . . *
---*
2 . . . . . *-----*
. . .
3 . . . . . *-----*
. . .
4 . . . *-----*
. . .
5 *-----*
. . .

```

COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
 VARIABLES ACTIVES

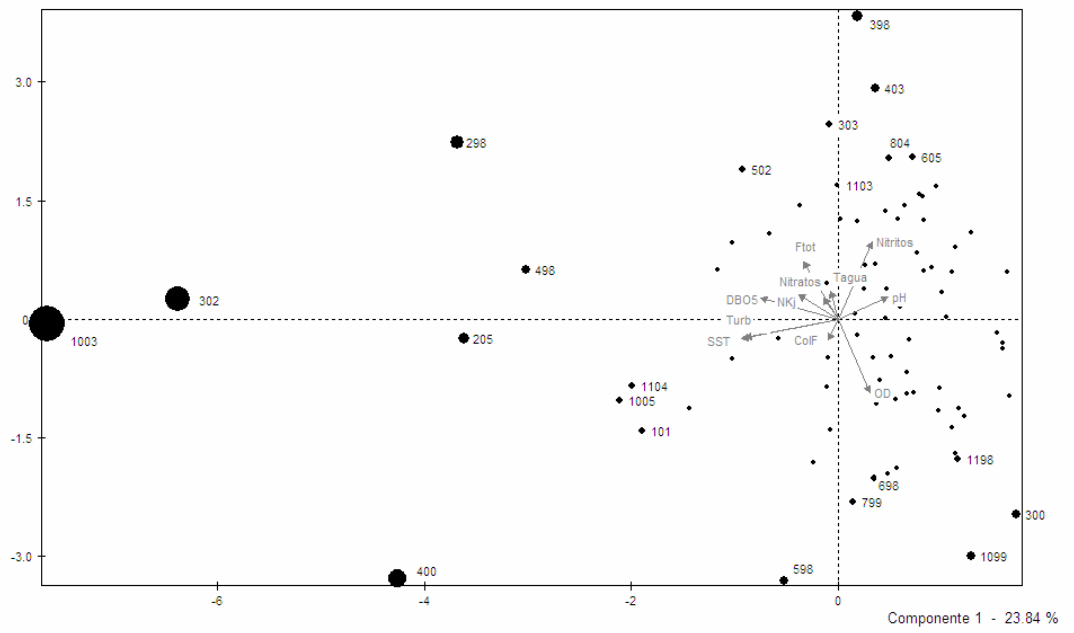
IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	-0.10	-0.22	-0.56	-0.32	-0.53	-0.10	-0.22	-0.56	-0.32	-0.53	-0.06	-0.15	-0.47	-0.30	-0.54
DBO5 - DBO5	-0.71	0.22	-0.08	0.26	-0.29	-0.71	0.22	-0.08	0.26	-0.29	-0.44	0.15	-0.07	0.25	-0.30
Ftot - Ftot	-0.32	0.60	-0.29	-0.03	0.41	-0.32	0.60	-0.29	-0.03	0.41	-0.20	0.42	-0.24	-0.03	0.42
Nitra - Nitratos	-0.14	0.22	0.63	-0.28	-0.50	-0.14	0.22	0.63	-0.28	-0.50	-0.08	0.16	0.52	-0.27	-0.52
Nitri - Nitritos	0.31	0.80	0.08	-0.16	0.00	0.31	0.80	0.08	-0.16	0.00	0.19	0.56	0.07	-0.15	0.00
NKJ - NKJ	-0.36	0.26	0.52	-0.30	0.03	-0.36	0.26	0.52	-0.30	0.03	-0.22	0.18	0.43	-0.29	0.03
OD - OD	0.29	-0.77	0.10	-0.30	0.11	0.29	-0.77	0.10	-0.30	0.11	0.18	-0.54	0.08	-0.28	0.11
pH - pH	0.45	0.23	-0.17	0.56	-0.38	0.45	0.23	-0.17	0.56	-0.38	0.28	0.16	-0.14	0.53	-0.39
SST - SST	-0.88	-0.20	-0.03	0.21	0.04	-0.88	-0.20	-0.03	0.21	0.04	-0.54	-0.14	-0.02	0.20	0.04
Tagu - Tagua	-0.07	0.30	-0.57	-0.54	-0.04	-0.07	0.30	-0.57	-0.54	-0.04	-0.04	0.21	-0.48	-0.51	-0.05
Turb - Turb	-0.84	-0.19	-0.03	-0.03	0.01	-0.84	-0.19	-0.03	-0.03	0.01	-0.52	-0.13	-0.03	-0.03	0.01

Componente 2 - 18.31 %



Componente 1 - 23.84 %

Componente 2 - 18.31 %



Componente 1 - 23.84 %

RO01

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES
 STATISTIQUES SOMMAIRES DES VARIABLES CONTINUES
 EFFECTIF TOTAL : 241 POIDS TOTAL : 241.00

NUM	IDEN - LIBELLE	EFFECTIF	POIDS	MOYENNE	ECART-TYPE	MINIMUM	MAXIMUM
1	ColF - ColF	241	241.00	1341055.752340702.00		15000.00	17500000.0
2	DBO5 - DBO5	241	241.00	25.21	24.69	4.50	199.50
3	Ftot - Ftot	240	240.00	1.46	0.91	0.11	9.00
4	Nitra - Nitratos	241	241.00	1.10	6.88	0.03	100.65
5	Nitri - Nitritos	240	240.00	0.38	0.22	0.00	1.10
6	NKJ - NKJ	241	241.00	8.31	3.63	1.70	25.04
7	OD - OD	241	241.00	4.94	1.09	0.70	7.00
8	pH - pH	241	241.00	7.45	0.27	6.50	8.20
9	SST - SST	241	241.00	356.65	826.19	11.00	8280.00
10	Tagu - Tagua	241	241.00	24.78	2.13	18.00	30.00
11	Turb - Turb	241	241.00	170.23	412.67	8.00	5000.00

MATRICE DES CORRELATIONS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	1.00										
DBO5	0.23	1.00									
Ftot	-0.05	0.17	1.00								
Nitr	0.40	-0.02	-0.03	1.00							
Nitri	-0.14	-0.20	-0.13	-0.02	1.00						
NKJ	-0.01	0.37	0.29	-0.09	-0.27	1.00					
OD	-0.05	-0.50	-0.38	0.06	0.18	-0.59	1.00				
pH	-0.21	-0.15	-0.14	-0.10	-0.07	0.06	0.06	1.00			
SST	0.08	0.35	0.30	0.03	-0.26	0.18	-0.20	-0.21	1.00		
Tagu	0.11	0.02	-0.07	-0.02	0.04	0.04	-0.01	-0.12	-0.17	1.00	
Turb	0.01	0.22	0.42	0.02	-0.19	0.03	-0.15	-0.26	0.84	-0.18	1.00

MATRICE DES VALEURS-TESTS

	ColF	DBO5	Ftot	Nitra	Nitri	NKJ	OD	pH	SST	Tagu	Turb
ColF	99.99										
DBO5	3.63	99.99									
Ftot	-0.83	2.68	99.99								
Nitr	6.66	-0.35	-0.43	99.99							
Nitri	-2.23	-3.11	-1.97	-0.28	99.99						
NKJ	-0.10	5.95	4.68	-1.37	-4.24	99.99					
OD	-0.81	-8.58	-6.11	0.90	2.82	-10.41	99.99				
pH	-3.34	-2.35	-2.19	-1.64	-1.11	0.93	0.97	99.99			
SST	1.29	5.76	4.83	0.52	-4.10	2.75	-3.12	-3.27	99.99		
Tagu	1.75	0.24	-1.12	-0.36	0.65	0.65	-0.10	-1.80	-2.72	99.99	
Turb	0.08	3.41	6.93	0.25	-2.92	0.49	-2.27	-4.19	18.78	-2.75	99.99

VALEURS PROPRES

APERCU DE LA PRECISION DES CALCULS : TRACE AVANT DIAGONALISATION .. 11.0000
 SOMME DES VALEURS PROPRES 11.0000

HISTOGRAMME DES 11 PREMIERES VALEURS PROPRES

NUMERO	VALEUR PROPRE	POURCENT.	POURCENT. CUMULE
1	2.8817	26.20	26.20
2	1.6468	14.97	41.17
3	1.5247	13.86	55.03
4	1.1229	10.21	65.24
5	0.9013	8.19	73.43
6	0.8130	7.39	80.82
7	0.6437	5.85	86.68
8	0.5360	4.87	91.55
9	0.4476	4.07	95.62
10	0.3582	3.26	98.87
11	0.1239	1.13	100.00

RECHERCHE DE PALIERS (DIFFERENCES TROISIEMES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
1-- 2	-1392.49
4-- 5	-214.47
3-- 4	-46.65
6-- 7	-42.23

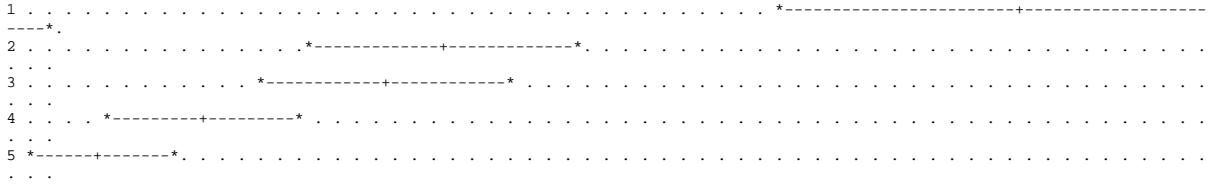
RECHERCHE DE PALIERS ENTRE (DIFFERENCES SECONDES)

PALIER ENTRE	VALEUR DU PALIER
1-- 2	1112.82
3-- 4	180.09
4-- 5	133.44
6-- 7	61.55
7-- 8	19.32

INTERVALLES LAPLACIENS D'ANDERSON
INTERVALLES AU SEUIL 0.95

NUMERO	BORNE INFERIEURE	VALEUR PROPRE	BORNE SUPERIEURE
1	2.3661	2.8817	3.3974
2	1.3522	1.6468	1.9415
3	1.2519	1.5247	1.7975
4	0.9220	1.1229	1.3239
5	0.7400	0.9013	1.0625

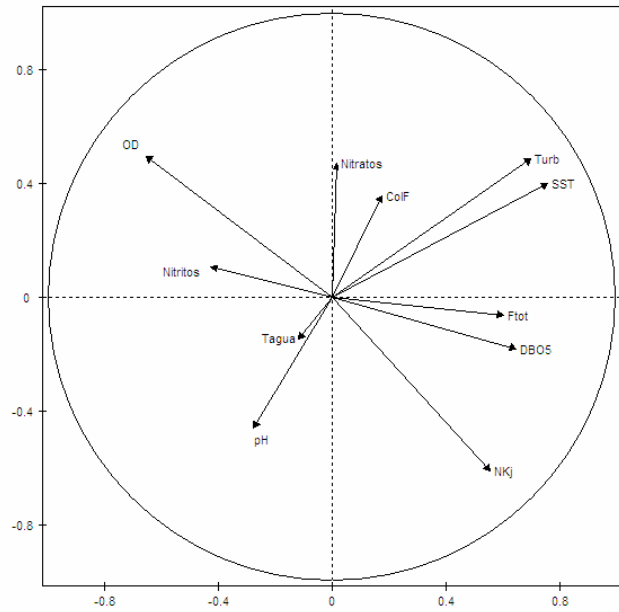
ETENDUE ET POSITION RELATIVE DES INTERVALLES



COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES AXES 1 A 5
VARIABLES ACTIVES

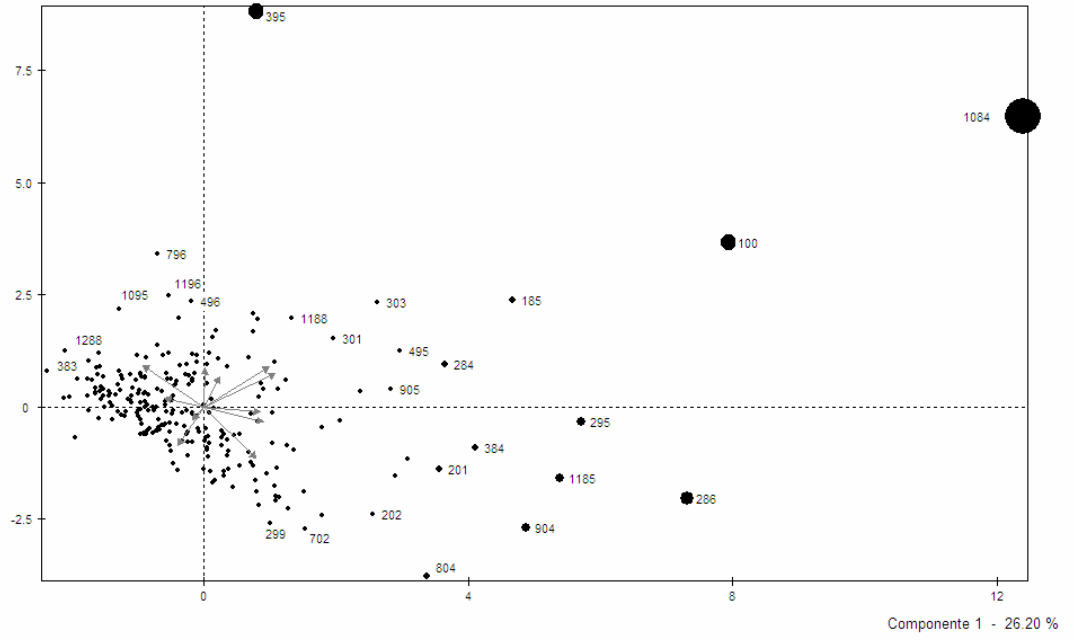
VARIABLES IDEN - LIBELLE COURT	COORDONNEES					CORRELATIONS VARIABLE-FACTEUR					ANCIENS AXES UNITAIRES				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
ColF - ColF	0.17	0.36	0.75	-0.18	0.01	0.17	0.36	0.75	-0.18	0.01	0.10	0.28	0.60	-0.17	0.01
DBO5 - DBO5	0.65	-0.18	0.31	0.05	0.06	0.65	-0.18	0.31	0.05	0.06	0.38	-0.14	0.25	0.05	0.07
Ftot - Ftot	0.60	-0.06	-0.22	0.19	-0.34	0.60	-0.06	-0.22	0.19	-0.34	0.35	-0.05	-0.17	0.18	-0.36
Nitra - Nitratos	0.02	0.47	0.52	-0.32	-0.39	0.02	0.47	0.52	-0.32	-0.39	0.01	0.37	0.42	-0.31	-0.42
Nitri - Nitritos	-0.43	0.11	-0.10	0.54	-0.51	-0.43	0.11	-0.10	0.54	-0.51	-0.25	0.08	-0.08	0.51	-0.54
NKJ - NKJ	0.55	-0.61	0.16	-0.06	-0.09	0.55	-0.61	0.16	-0.06	-0.09	0.33	-0.48	0.13	-0.05	-0.09
OD - OD	-0.65	0.50	-0.20	-0.10	0.25	-0.65	0.50	-0.20	-0.10	0.25	-0.38	0.39	-0.16	-0.09	0.26
pH - pH	-0.28	-0.46	-0.22	-0.59	0.03	-0.28	-0.46	-0.22	-0.59	0.03	-0.16	-0.36	-0.18	-0.56	0.03
SST - SST	0.76	0.40	-0.27	-0.06	0.19	0.76	0.40	-0.27	-0.06	0.19	0.45	0.31	-0.22	-0.06	0.20
Tagu - Tagua	-0.12	-0.15	0.45	0.53	0.49	-0.12	-0.15	0.45	0.53	0.49	-0.07	-0.12	0.37	0.50	0.51
Turb - Turb	0.70	0.49	-0.39	0.05	0.12	0.70	0.49	-0.39	0.05	0.12	0.41	0.38	-0.32	0.05	0.12

Composante 2 - 14.97 %



Composante 1 - 26.20 %

Componente 2 - 14.97 %



Componente 2 - 14.97 %

