



UNIVERSIDAD DE CHILE -FACULTAD DE CIENCIAS -ESCUELA DE PREGRADO

**“APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTIVARIANTE EXPLORATORIO A LA MATRIZ
DE DATOS DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RÍO CHOAPA
DURANTE EL PERIODO 2011-2018”**

Seminario de Título entregado a la Universidad de Chile en cumplimiento parcial
de los requisitos para optar al Título de Químico Ambiental

Yerko Esteban Apablaza Tapia

Director de Seminario de Título: Ing. Agrónomo, M. Cs. Francisco Meza Álvarez

Profesor Patrocinante: M.Cs. Sylvia Copaja Castillo

Abril 2020

Santiago-Chile



INFORME DE APROBACIÓN SEMINARIO DE TITULO

“APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTIVARIANTE EXPLORATORIO A LA MATRIZ DE DATOS DE AGUAS SUPERFICIALES EN LA CUENCA DEL RÍO CHOAPA DURANTE EL PERIODO 2011-2018”

Se informa a la Escuela de Pregrado de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile que el Seminario de Título, presentado por el **Sr. Yerko Esteban Apablaza Tapia**

Ha sido aprobado por la Comisión de Evaluación, en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al Título de Químico con mención Medio Ambiente.

Director Seminario de Título:

Ing. Agrónomo, M. Cs. Francisco Meza Álvarez

Profesora Patrocinante:

M. Cs. Sylvia Copaja Castillo

Comisión revisora y evaluadora

Presidente Comisión:

Dra. Isel Cortés Nodarse

Evaluador

Dr. Richard Toro Araya

Santiago de Chile,

BIOGRAFÍA



Yerko Esteban Apablaza Tapia

Nació en Illapel, Chile en 1995. Manifestó desde su infancia la admiración a grandes científicos y científicas que han aportado información valiosa para la comprensión del universo. El gusto por la química y el medio ambiente fue reforzado durante la enseñanza media, permitiéndole ingresar en 2014 a la Universidad de Chile. En este lugar, obtiene el grado de Licenciado en Ciencias Ambientales con mención en Química en 2019. En este mismo año, hace ingreso al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) para desarrollar su seminario de título bajo el patrocinio de la profesora M. Cs. Sylvia Copaja Castillo y la tutoría del Ing. Agrónomo M.Cs. Francisco Meza Álvarez.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a mi profesora patrocinante, Sylvia Copaja por su apoyo, confianza y valiosos conocimientos entregados hacia mi persona y al profesor Richard Toro por su simplicidad, disposición y conocimientos entregados en los últimos momentos de este trabajo.

A mi director de Seminario, Francisco Meza por haber aceptado este desafío y otorgarme la oportunidad de desempeñar de manera fluida este trabajo.

También agradezco a Francisco Soto, por su buena disposición y guía para escribir de mejor manera este trabajo. Al profesor David Veliz por orientarme y guiarme con sus conocimientos en los análisis estadísticos.

A todos los profesores de la Facultad de Ciencias por su valioso conocimiento en el área química y su visión crítica y racional frente a los problemas cotidianos. A los compañeros y amigos que me ayudaron durante todo el proceso universitario, por sus consejos, abrazos y brindis; Constanza, Sofía, Gabriela, Jorge, Leonardo, Guillermo, Ignacio y el equipo de fútbol Filosofía y Humanidades. Muchas gracias.

También a mis amigos de Illapel, Berta, Ítalo, Kathy, Seba, que sin sus sonrisas hubiera caído muchas veces durante el año, muchas gracias.

En forma muy especial, doy gracias a mis padres por su incansable y constante esfuerzo del día a día, que, junto con permitirme concretar este trabajo, han sido un ejemplo motivador y de orgullo para mí.

Por último, a mi hermana Paz, que le deseo lo mejor de este mundo, que la quiero ver libre, empoderada y brillante, que daré todo lo que sea posible para verte feliz.

“Que aquellas y aquellos que viven entregando paz, verdad y comprensión les espere un universo fractal donde el espiral de amor se convierta en un infinito, sin tiempo, sin barreras ni divisiones, siendo sólo uno con el cosmos”

Dedicada con mucho cariño para mis padres Lina y Yerko, a mi hermana Paz.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Contexto local.....	2
1.2 Estudios previos de aguas superficiales.....	5
1.3 Análisis multivariado para aguas superficiales.....	7
1.4 Objetivos.....	9
1.4.1 Objetivo General.....	9
1.4.2 Objetivos Específicos.....	9
II. MATERIALES Y METODOS	10
2.1 Área de estudio.....	10
2.1.1 Actividades antrópicas y usos del suelo en la cuenca del río Choapa	12
2.1.2 Actividades agrícolas asociadas a la cuenca del río Choapa.....	12
2.1.3 Actividad minera y extracción de áridos.....	13
2.1.4 Descripción de los puntos de muestreo de aguas superficiales	15
2.1.5 Descripción de los parámetros físicos y químicos.....	16
2.2 Tratamiento de datos.....	18
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
3.1 Prueba Kaiser – Meyer- Olkin.....	21
3.1.1 Matriz de correlación, cuenca del Choapa.....	22
3.1.2 Outputs del ACP, Cuenca del Choapa.....	27
3.1.3 Matriz de correlación, Río Principal.....	35
3.1.4 Outputs del ACP, cuenca del Choapa.....	38
IV. CONCLUSIONES	46
V. REFERENCIAS	48
VI. ANEXOS	51
6.1 Anexo 1.....	51
6.2 Anexo 2.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Principales proyectos de mediana y gran minería.	14
Tabla 2: Puntos de muestreo, Cuenca del Río Choapa.....	16
Tabla 3: Parámetros y variables fisicoquímicos para aguas superficiales	17
Tabla 4: Índice Kaiser-Meyer-Olkin para las dos matrices de datos.....	21
Tabla 5: Componentes generados y porcentaje de varianza explicada y acumulada ..	27
Tabla 6: Contribuciones y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes seleccionados.	29
Tabla 7: Dimensiones generadas y porcentaje de varianza retenida y acumulada.....	38
Tabla 8: Contribuciones y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes seleccionados	40
Tabla 9: Variación del índice KMO.....	52
Tabla 10: Interpretación del coeficiente r de Pearson	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: cuenca del río Choapa	11
Figura 2: Puntos de muestreo del proyecto SAI en la cuenca del Choapa..	15
Figura 3: Matriz de correlación para todas las variables en toda la cuenca del Choapa..	22
Figura 4: Especiación de a) arsenito y b) arseniato en función del pH.	24
Figura 5: Componentes generados a partir de la varianza retenida por los valores propios.....	28
Figura 6: Círculo de correlación y agrupaciones de variables para los CP 1 y 2	31
Figura 7: Círculo de correlaciones para los CP 2 y 3 de la cuenca del Choapa.....	32
Figura 8: Círculo de correlaciones para los CP 3 y 4.....	33
Figura 9: Círculo de correlaciones para los CP 4 y 5	33
Figura 10: Matriz de correlación para los puntos de muestreo del río principal.	35
Figura 11: Dimensiones generadas a partir de la varianza retenida por los valores propios.....	39
Figura 12: Círculo de correlación y agrupaciones de variables (clusters) para el río principal.	41
Figura 13: Círculo de correlaciones para los CP 2 y 3 del río principal.....	43
Figura 14: Círculo de correlaciones para los CP 3 y 4 del río principal.....	43
Figura 15: Círculo de correlaciones para los CP 4 y 5 del río principal.....	44
Figura 16: Interpretación geométrica del ACP.....	51

RESUMEN

En mayo del año 2011 el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) inició la ejecución del proyecto “Seguimiento Ambiental Integral” (SAI) para la cuenca del río Choapa, el cual continuará ejecutándose hasta mayo del año 2021. Su principal objetivo es conocer e interpretar variaciones de la calidad y del estado ambiental de las aguas superficiales y otros componentes del sistema acuático, mediante el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y biológicos en 15 puntos de muestreo en la cuenca del Choapa, IV región, Chile. Desde el 2011 hasta el 2018 la acumulación de información ha generado una matriz amplia y compleja de datos, cuya interpretación de carácter univariado ocupa principalmente como objeto de análisis series temporales relativamente largas ignorando muchas veces estructuras de correlación. Es por esto que, con el fin de sintetizar la información acumulada durante estos 7 años y así facilitar la interpretación de los datos en función de sus correlaciones y fuentes de variabilidad, se empleó la técnica multivariante “Análisis de Componentes Principales” (ACP).

Se aplicaron 2 ACP, uno para la matriz de datos correspondientes a los puntos de muestreo de toda la cuenca y otro para la matriz de datos correspondientes a los puntos del río principal, para 20 parámetros fisicoquímicos (pH, CE, STD, T°, Ca, Mg, K, Na, Cl, SO_4^{-2} , Nkj, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, As, Sodio porcentual y Dureza)

El primer ACP generó 5 Componentes Principales (CP) que explicaron aproximadamente el 77% de varianza. Las fuentes de variabilidad encontradas corresponden a los procesos de disolución de sales en el agua superficial y su relación con los sólidos disueltos y la conductividad para el CP1, las actividades mineras desarrolladas en la cuenca y como los metales se relacionan con el pH para el CP2, las

fuentes litológicas de metales como el Fe y Al que contribuyen en un 40% para el CP3, y a la disolución de compuestos agrícolas de origen mineral y a la materia orgánica ligada a zonas de eutroficación para los CP 4 y CP5 respectivamente.

El segundo ACP generó 5 Componentes Principales (CP) que explicaron aproximadamente el 73% de varianza. Las fuentes de variabilidad fueron los procesos de disolución de sales manteniendo una estrecha correlación con la evolución a lo largo del río para el CP1, las fuentes litológicas y actividades mineras destacando la disminución de la contribución del Cu y la alta correlación de este componente con el As para el CP2. El CP3 tiene relación la materia orgánica y los procesos de adsorción de sales. El CP4 tiene relación con las fuentes agrícolas y los procesos de disolución de productos de origen mineral. El último componente tiene como origen de su variabilidad, las fuentes litológicas en interacción con la materia orgánica.

La aplicación del ACP logró reducir la dimensionalidad de los datos y encontrar las correlaciones significativas subyacentes que presentaban las variables entre ellas y los CP. Los ACP aplicados, tanto en la cuenca como en el río principal mostraron fuentes de variabilidad semejantes, diferenciándose entre sí, por las contribuciones y correlaciones de Cu y As ligadas a actividades mineras cercanas al río Pelambres en los puntos más altos de la cuenca. Además, no se logró evidenciar de manera clara las variaciones temporales y espaciales de las variables fisicoquímicas, esto debido por la disposición y orden de las variables "Sit" y "Year" en el conjunto de datos.

El modelo requiere optimización, ordenando de manera distinta el conjunto de variables y aplicando otros modelos multivariados (AC, AF), no obstante, este análisis sirvió para mostrar las fuentes de variabilidad de la cuenca y su río principal y contrastar los resultados generados con las interpretaciones univariantes desarrolladas en el proyecto SAI.

ABSTRACT

In May 2011, the National Institute of Agricultural Research (INIA) carried out the project "Comprehensive Environmental Monitoring" (SAI) for the Choapa river basin, which will continue to run until May 2021. Its main objective is to know and interpret variations in the quality and environmental status of surface waters and other components of the aquatic system, by monitoring physicochemical and biological parameters at 15 sampling points in the Choapa basin, IV region, Chile. since 2011 to 2018, the accumulation of information has generated a broad and complex matrix of data, the univariate interpretation of which mainly occupies relatively long time series analyzes, often ignoring correlation structures. That is why, in order to synthesize the information accumulated during these 7 years and thus facilitate the interpretation of the data based on their correlations and sources of variability, the multivariate technique "Principal Component Analysis" (PCA) was used.

2 ACP were applied, one for the data matrix corresponding to the sampling points of the entire basin and another for the data matrix corresponding to the main river points, for 20 physicochemical parameters (pH, EC, STD, T °, Ca, Mg, K, Na, Cl, SO₄-2, Nkj, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Al, As, Percentage Sodium and Hardness)

The first ACP generated 5 Principal Components (PC) that explained approximately 77% of variance. The sources of variability found correspond to the processes of dissolution of salts in surface water and its relationship with dissolved solids and conductivity for CP1, the mining activities carried out in the basin and how metals are related to pH for CP2, the lithological sources of metals such as Fe and Al that contribute 40% for CP3, and to the dissolution of agricultural compounds of mineral origin and organic matter linked to eutrophication zones for CP 4 and CP5 respectively.

The second ACP generated 5 Principal Components (PC) that explained approximately 73% of variance. The sources of variability were the processes of salts dissolution, maintaining a close correlation with the evolution along the river for CP1, the lithological sources and mining activities, highlighting the decrease in the contribution of Cu and the high correlation of this component with the As for CP2. CP3 is related to organic matter and the adsorption processes of salts. CP4 is related to agricultural sources and the dissolution processes of products of mineral origin. The last component has as its origin of its variability, the lithological sources in interaction with the organic matter.

The application of the ACP managed to reduce the dimensionality of the data and find the significant underlying correlations that the variables presented between them and the PC. The ACP applied, both in the basin and in the main river, showed similar sources of variability with found differences in the contributions and correlations of Cu and As linked to mining activities near the Pelambres river at the highest points of the basin. Furthermore, it was not possible to clearly show the temporal and spatial variations of the physicochemical variables, this due to the arrangement and order of the variables "Sit" and "Year" in the data set.

The model requires optimization, ordering the set of variables differently and applying other multivariate models (AC, AF), however, this analysis served to show the sources of variability of the basin and its main river and contrast the results generated with the univariate interpretations developed in the SAI project.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural y renovable esencial para la vida y fundamental para el desarrollo de la humanidad. Aunque el planeta se conforma en gran parte por agua, sólo el 1% de esta está disponible en forma de cuencas hidrográficas cuyas aguas pueden ser aprovechadas para sus diferentes usos. Las cuencas hidrográficas exorreicas comprenden un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, sus aguas dan al mar a través de un único río o se vierten a un lago endorreico (Klaus-Jürgen, 2014). El río principal suele ser definido como el curso con mayor caudal de agua (medio o máximo) y sus afluentes como los ríos secundarios que vierten sus aguas al río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada subcuenca (MOP y col., 2011). En Chile la Dirección General de Aguas (DGA) actualmente cuenta en su mapoteca oficial con 101 cuencas, 467 subcuencas y 1496 subsubcuencas delimitadas geopolítica y geográficamente.

Estos sistemas hidrográficos se caracterizan por presentar un recorrido corto, un tamaño reducido de las cuencas y fuertes pendientes de los ríos; tales características contribuyen a que los eventos de contaminación presenten un ámbito espacial más reducido y favorezcan los procesos de auto purificación de los cauces. Sin embargo, desde la RM al norte, la escasa disponibilidad de aguas y la alta magnitud relativa de extracciones determina que la capacidad de dilución de contaminantes sea baja y que los cuerpos de agua sean más vulnerables frente a los procesos de contaminación (Peña y Salazar,1993).

Es en la gran mayoría de estas cuencas donde se realizan y desarrollan distintas actividades productivas del país tales como la agricultura, industria, minería, generación de electricidad u otras, cuyos procesos pueden alterar la composición química natural

de las aguas de una cuenca, ya sea por la modificación física de algún cauce o por el vertimiento de residuos generados en los procesos de extracción y/o producción, por el desequilibrio entre oferta y demanda y al inadecuado uso de las aguas por parte de los usuarios (Campos, 2014; MOP y col., 2010). Tales factores son indicadores de cambios en la composición y calidad de aguas, siendo necesario el monitoreo y seguimiento de los distintos parámetros fisicoquímicos, como, por ejemplo, pH, Conductividad Eléctrica (CE), temperatura, materia orgánica, sales solubles, nutrientes, sólidos suspendidos, además de elementos traza metálicos, en los distintos componentes del sistema acuático (Sema Mosquera, 2018).

1.1 Contexto local

En el norte del país uno de los mayores impactos sobre los sistemas fluviales ha sido la contaminación por elementos trazas metálicos, atribuidos principalmente a la actividad minera y sus pasivos ambientales. En los ríos de la zona central y norte chico donde esta actividad se ha desarrollado históricamente, se han detectado altas concentraciones de metales totales en aguas superficiales. Por ejemplo, se detectó arsénico, cobre y molibdeno en los ríos Maipo (RM), Aconcagua (V región) y Cachapoal (VI), posiblemente por origen natural y además de procesos agrícolas y mineros. Esta alteración de la calidad de aguas también está directamente influenciada por la insuficiencia y déficit del recurso hídrico que se ha presentado en diferentes regiones de Chile desde ya al menos unos 20 años. La disminución de los caudales producto de las bajas precipitaciones y la presión sobre recursos hídricos por las actividades agrícolas, industriales y mineras han deteriorado la capacidad de dilución de los ríos, aumentando la concentración de trazas metálicas y otros contaminantes en las aguas superficiales y

sedimentos, generando un riesgo latente de contaminación y afectación de la calidad de las aguas. Este desarrollo que ha experimentado cada cuenca hidrográfica en cuanto a impactos y presiones sobre el recurso hídrico, han hecho que las aguas superficiales se conviertan en un punto importante de observación y monitoreo, debido a que tales cuerpos son propensos a sufrir eventos de contaminación, lo cual implica un problema latente para comunidades cercanas a mega fuentes.

En el norte Chico, la región de Coquimbo cuenta con diferentes cuencas que desde el 2008 han sido declaradas en escasez hídrica, bajo emergencias agrícolas y zonas de catástrofes como el último año para las cuencas del Choapa y Limarí (MOP, DGA 2019). Estas condiciones se han debido en parte a los cambios climáticos que ha experimentado la región producto de la reducción de precipitaciones, y por el mal manejo y gestión de los recursos hídricos. Asociado a estas condiciones la cuenca del Choapa cumple con varios criterios que generan un interés científico, social y económico, que hacen surgir la necesidad de realizar diferentes estudios y seguimientos a los parámetros que pueden afectar la composición y la calidad de agua del río Choapa. Algunos criterios son los siguientes (MOP y col. 2010)

- Presenta información disponible de varios años acerca de registros de aspectos físicos, químicos y biológicos.
- Presenta contenido natural de elementos trazas metálicos por características geológicas.
- Cuenca que ha presentado actividad minera de gran y mediana escala hasta el presente.
- Cuenca incorporada en los programas priorizados de normas secundarias de calidad y/o ambiental en proceso de desarrollo por la institucionalidad respectiva.

A principios del 2011 el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) inició el proyecto de Seguimiento Ambiental Integral (SAI) de la cuenca del río Choapa y sus afluentes recogiendo y monitoreando datos de parámetros físicos, químicos y biológicos asociados a todos los componentes del sistema acuático a lo largo de la cuenca, el cuál continuará ejecutándose hasta mayo del año 2021. Este proyecto de seguimiento es financiado por Minera Los Pelambres (MLP) luego de un acuerdo con la Junta de Vigilancia del río Choapa como medida de mitigación. Entre sus objetivos está la recopilación de la mayor información posible para generar una línea base sólida y poder elaborar mecanismos de gestión que establezcan una norma de calidad secundaria.

Este levantamiento de información ha generado una matriz amplia, compleja y con una alta dimensionalidad de datos debido a la cantidad parámetros monitoreados, haciendo que su interpretación y visualización generalmente se enfoque en determinar el comportamiento de cada parámetro por separado, sin aprovechar muchas veces, las correlaciones positivas y/o negativas que existen entre ellos (Vega y col,1998). Por un lado, se debe tener en cuenta que el programa SAI en su fase de monitoreo y medición se lleva a cabo realizando medidas de diferentes parámetros mediante diversas técnicas, cada una de las cuales lleva asociado un coste y por tanto lo ideal, en el caso general, sería que cada uno de los parámetros monitoreados proporcionen información diferente y lo menos correlacionada posible con el resto (López, Palací, 2014).

No obstante, la dinámica fisicoquímica que se generan en los sistemas acuáticos está constantemente en relación con diferentes especies en todos los componentes del sistema acuático, por lo tanto, debiesen existir correlaciones entre parámetros o grupos de parámetros que influyeran en mayor proporción el comportamiento químico a través del tiempo y el espacio (Khaledian y col,2018). El presente trabajo busca realizar un análisis de la información del programa SAI en el componente acuático “aguas

superficiales” desde un punto de vista exploratorio considerando la matriz de datos recolectados desde el mayo del 2011 hasta primavera del 2018 en 15 puntos de muestreo en el río principal y los afluentes de la cuenca del Choapa a través del análisis exploratorio multivariado “Análisis de Componentes Principales (ACP) con el fin de reducir el número de variables e identificar el origen de la varianza explicada por cada Componente Principal (CP) a través de la relación entre los componentes y las variables originales.

1.2 Estudios previos de aguas superficiales

En bibliografía existen pocos estudios de carácter multivariante para redes de monitoreo en Chile y en general predominan los análisis de series temporales y descriptivos univariado. Esto es de suma importancia, ya que generalmente el ACP junto con otras técnicas multivariantes entregan resultados que son el puntapié inicial para realizar modelos predictivos, índices de calidad o mejoramiento de las redes de monitoreo (Comas y col., 2016).

Actualmente la cuenca del río Choapa cuenta con variados estudios respecto al análisis de los parámetros fisicoquímicos y biológicos de la cuenca en distintas estaciones de monitoreo de la dirección general de aguas. La DGA cuenta con información de calidad de aguas, fluviométrica y sedimentométrica cuya base de datos se actualiza anualmente. La cuenca del río Choapa en el 2004 se sometió a un estudio de diagnóstico y calificación de los cuerpos y cursos de agua según objetivos de calidad realizado por la DGA. En este estudio se registran las primeras declaraciones de agotamiento, sumadas a las declaraciones de escasez hídrica para toda la cuenca que hasta el día de hoy siguen vigentes. Este estudio concluyó que la cuenca del río Choapa presentó una buena calidad de agua -en general- y sólo, donde exceden la clase de

excepción los metales como el cobre, molibdeno, hierro y aluminio. Que la actividad de Minera los Pelambres cuyos efectos antrópicos han cambiado la calidad natural del agua y que sumadas a las lixiviaciones naturales de las franjas metalogénicas han ocasionado alta presencia de metales como el cobre, molibdeno y hierro.

En 2007, INIA Intihuasi, ejecutó el proyecto Innova Chile “Desarrollo de un modelo de Gestión Integral para el resguardo de las Aguas en las cuencas de Choapa, Limarí y Huasco, el cual permitió dar origen al actual proyecto SAI de la cuenca del Choapa.

En el año 2010, el Centro Nacional del Medio Ambiente (CENMA) realiza el análisis de la composición fisicoquímica de los sedimentos fluviales y su relación con la disponibilidad de metales en agua para tres cuencas de la zona centro norte del país. Este estudio concluyó que la cuenca hidrográfica del río Choapa presentó principalmente dos actividades productivas que históricamente han perturbado la cuenca. Una de ellas es la agricultura, la cual se practica en forma intensiva a partir de los tramos medios (comuna de Salamanca). La segunda actividad relevante es la minería cuprífera, que se presenta a lo largo de toda la cuenca, además de pasivos ambientales por relaves mineros. De los tramos en estudio considerados en el proyecto, las estaciones más afectadas por actividades antrópicas fueron los afluentes río Cuncumén y río Illapel; (estero Aucó tributario al río Illapel). Ambas actividades se reflejaron en las aguas superficiales de la cuenca. En la calidad del agua superficial se detectó perturbación por metales pesados y por materia orgánica. La actividad minera ha alterado la calidad de las aguas superficiales reflejándose en la presencia de metales pesados, los cuales aumentaron en concentración durante la estación de verano, lo que se atribuye al menor caudal en el sistema. Las trazas metálicas de mayor relevancia presente fueron

manganeso, molibdeno, plomo y el cobre disuelto, el cual destacó por sus altas concentraciones, especialmente en el afluente del río Cuncumén.

1.3 Análisis multivariado para aguas superficiales

La aplicación de diferentes métodos estadísticos ha permitido conocer e interpretar el comportamiento de las especies químicas en el agua. Entre las metodologías ocupadas con mayor frecuencia se destacan los métodos multivariados como el Análisis de Cluster (AC), el que se caracteriza por agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos, ACP el que se caracteriza por reducir la dimensionalidad del conjunto de datos a través de transformaciones lineales de las variable originales en componentes principales que dominan la varianza de los datos, Análisis Factorial (AF) entre otros. Estas técnicas ACP, AC y AF se utilizan para la evaluación de variaciones e interpretación de grandes conjuntos de datos complejos de aguas superficiales y subterráneas (Rim, 1998; Mishra, 2010; Muangthong y Shrestha 2015). Estas técnicas se han empleado para evaluar la eficiencia de la red de monitoreo de la calidad del agua superficial, con el objetivo de optimizar el número de estaciones de muestreo y seleccionar parámetros críticos de calidad del agua. De esta manera, es posible identificar y eliminar estaciones y / o parámetros redundantes, reduciendo los costos financieros (Noori,2010).

Vega y col., (1998) estudiaron la calidad del agua del río Pisuerga, España, utilizando técnicas estadísticas multivariadas y reconocieron que la clasificación significativa de muestras de ríos y variables hidroquímicas puede basarse en criterios espaciales y temporales. Barakat y col. (2016) aplicaron PCA y CA para evaluar la variación espacial

y temporal de la calidad del agua e identificar fuentes de contaminación en el río Oum Er Rbia y el río El Abid y las posibles correlaciones entre los parámetros estudiados.

Tales técnicas empleadas son de gran ayuda en la interpretación de matrices de datos para un mejor entendimiento de la calidad de aguas que permiten la identificación de posibles factores o fuentes que afectan los sistemas acuáticos y ofrecen una valiosa herramienta para la administración confiable de los recursos hídricos, así como soluciones rápidas a problemas de contaminación (Shrestha & Kazama, 2007). Además, demuestran la importancia de las técnicas estadísticas multivariadas como herramientas esenciales para identificar fuentes de contaminación y agrupar ubicaciones de monitoreo similares en grupos de características similares.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Describir las fuentes de variabilidad que subyacen y contribuyen a la composición físicoquímica de las aguas superficiales de los afluentes y río principal de la cuenca del Choapa, a través de la interpretación de los componentes principales generados.

1.4.2 Objetivos específicos

- Comprobar el supuesto de multicolinealidad de la matriz de datos a través de la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).
- Ejecutar 2 ACP para el conjunto de datos de la cuenca con y sin afluentes para identificar diferencias entre los componentes principales generados.
- Identificar variables y parámetros que presenten correlaciones directas o inversas a través de la matriz de correlación generada como análisis preliminar al ACP.
- Caracterizar los componentes principales seleccionados desde un punto de vista estadístico y físicoquímico en función de las contribuciones de cada parámetro en los componentes principales para la cuenca total y el río principal.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Área de estudio

La cuenca del Choapa ubicada en la provincia del mismo nombre en el sur de la IV región de Coquimbo es del tipo exorreica y tiene una dimensión de 7654 km². El principal cauce es el río Choapa que tiene una extensión de 146.828 m y un caudal medio anual en la estación “Choapa en Cuncumén” de 9,6 m³/s, el cual ha variado por la sequía dominante iniciada desde el año 2008 (DGA,2015).

El cauce del río Choapa desemboca en el mar en el sector de Huentelauquén, después de recibir las aguas aportadas por un ancho árbol de escurrimientos cordilleranos, que conforman dos ejes, uno en sentido NE dado por el río Illapel, y el otro en sentido que corresponde al río Choapa, los que se unen al oeste de la ciudad de Illapel, para formar un río caudaloso y encajonado aguas abajo. Las planicies litorales en esta cuenca se presentan con amplio desarrollo y su modelado penetra hacia el interior, formando franjas de hasta 40 kilómetros de ancho, su altura varia hacia el nivel del mar y 200 m s.n.m (DGA,2004).

La cuenca del río Choapa recibe aportes de afluentes de gran importancia. Es el caso del río Cuncumén que nace cerca de la frontera internacional de la región de Coquimbo, desembocando en el río Choapa. Este río está formado en lo alto de los Andes por el río Blanco, curso natural de agua con importantes concentraciones de sales calcáreas y carbonatos, de ahí su nombre, en referencia a los colores blanquecinos de estos compuestos y por el río Pelambres cuyo nombre tiene relación con las “peladuras” en las patas del ganado caprino arriado desde la cordillera, debido a la gran cantidad de sales y metales que generan una alta conductividad eléctrica. (Niemayer F.,Hans, 1998).

Su información hidrogeológica divide al acuífero del Choapa en 6 sectores. Choapa Alto, Medio y Bajo, así como Chalinga, Illapel y Canela. La cuenca cuenta con 10 estaciones pluviométricas vigentes, 13 estaciones meteorológicas, 4 estaciones de medición de niveles y 13 estaciones de monitoreo de calidad de aguas a cargo de la DGA (DGA, 2015).

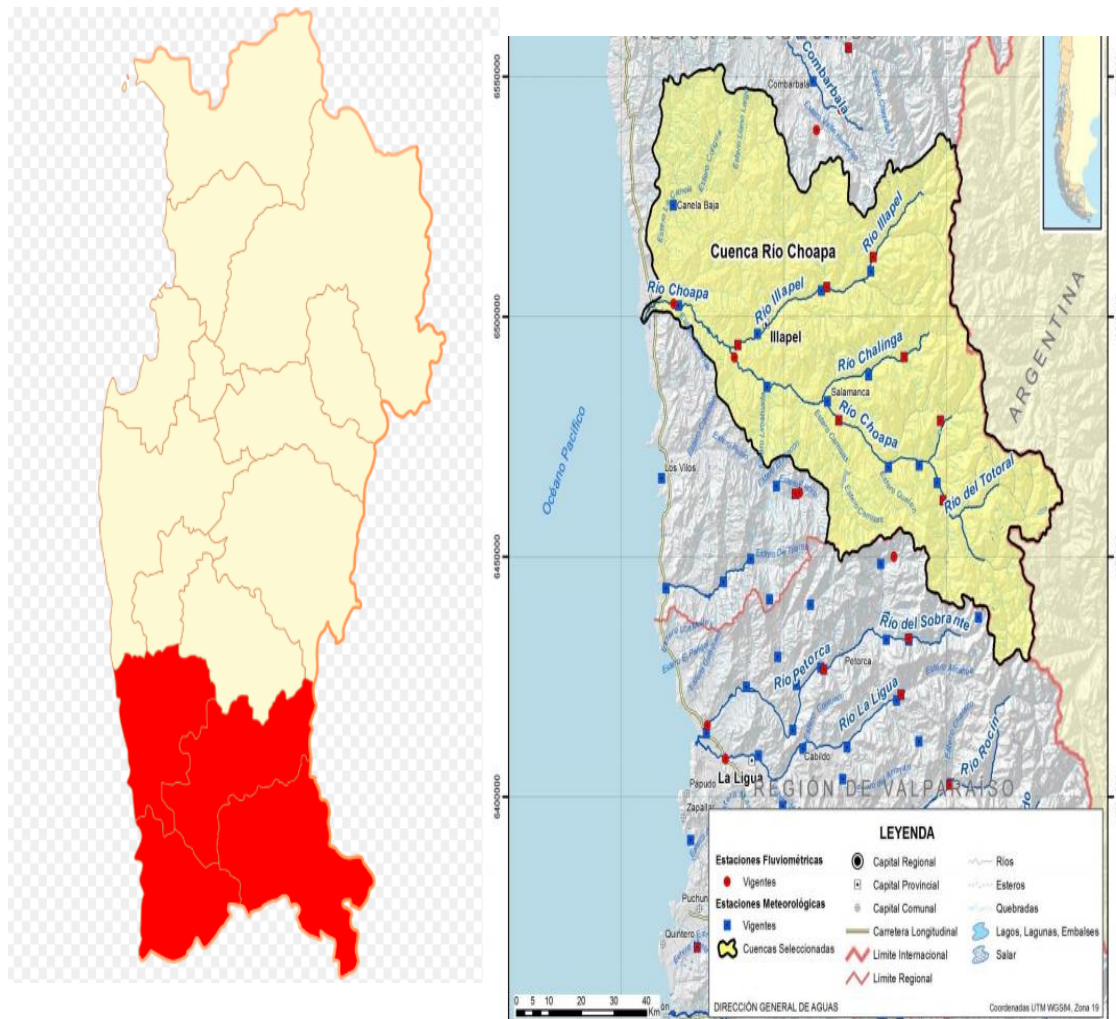


Figura 1: A la izquierda, la provincia del Choapa en la región de Coquimbo, a la derecha, la cuenca del río Choapa (Fuente: Ministerio de Obras Públicas (MOP) y Dirección General de Aguas (DGA), 2015)

2.1.1 Actividades antrópicas y usos del suelo en la cuenca del río Choapa

La cuenca del río Choapa además de ser una zona agrícola con alta actividad de cultivo de hortaliza y frutos, tales como la nuez; arándanos o uvas, es también una zona con una gran actividad minera, ya que cuenta con 9 sitios de descarga de riles asociados a empresas mineras (DGA,2004). Ambas actividades generan cambios en la composición química y física del río afectar la composición y calidad de aguas y por lo tanto los usos que pueden darle como, por ejemplo, la calidad de aguas para fines de regadío. La cuenca del río Choapa abarca un área de aproximadamente 1.010.178 Ha de terreno, las cuales son utilizadas para diferentes usos. La mayoría de los suelos de toda la cuenca están siendo usados para depósitos de estériles (áridos, pedregales y arenales) y para diferentes tipos de cultivos.

2.1.2 Actividades agrícolas asociadas a la cuenca del Choapa

Durante el siglo pasado, la disputa entre los agricultores por el uso del agua del río Illapel ha evidenciado que la provincia cuenta con alto potencial agrícola, siendo la disponibilidad del agua para riego una dificultad para el buen desempeño de esta actividad (Camus & Rosenblitt, 2000). El monocultivo de paltos, nogales y otros frutales en la región de Coquimbo, RM y Valparaíso en los últimos años ha experimentado una crecida sustancial debido a la gran demanda que existe a nivel internacional y nacional. Los monocultivos generan que la demanda de agua supere a la oferta y por lo tanto la disponibilidad para los pequeños agricultores se ve reducida (Terram,2015). Estos territorios donde se han emplazado estas plantaciones han recibido una importante carga a sus ecosistemas relacionada a los requerimientos hídricos de cultivos intensivos en la utilización de agua.

Las principales actividades agrícolas se han desarrollado históricamente en los valles del río Illapel y Choapa y en menor intensidad en los valles del río Chalinga. Este potencial agrícola influye significativamente en el uso de agroquímicos. Entre los años 2005 y 2006 los establecimientos comerciales que expenden estos productos declararon los principales plaguicidas utilizados en la cuenca ante el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). Con esta información se obtuvieron los principales agentes activos, el tipo de plaga y el cultivo en el cual se usan (INIA Intihuasi, 2008). En general, la aplicación de estos agroquímicos se presenta durante noviembre y abril, dado que para esos meses se realizan los últimos riegos, principalmente en especies frutales.

2.1.3 Actividad minera y extracción de áridos

De los usos de la cuenca, un 8% contienen áridos, pedregales y arenales. En la Tabla 1 se presentan los proyectos aprobados que contemplan extracción de mineral y áridos entre los años 1999 a 2006 (SEIA, en línea), sin embargo, los proyectos de menor envergadura no entran a través de este sistema, por lo cual no serían reflejados en la revisión bibliográfica. La mayoría de los procesos de extracción de áridos se ejecutan a través de permisos municipales, por lo tanto, no figuran en la Tabla 1. La mayor concentración de esta actividad se encuentra desde la confluencia del río Cuncumén con el río Choapa hasta el sector de Puente Negro.

La actividad minera de mayor importancia en la cuenca ha sido la explotación cuprífera de Minera Los Pelambres, con su faena minera emplazada en el sector alto de la cuenca específicamente en el sector de nacimiento del río Cuncumén, comuna de Salamanca (MOP y col.,2004). Su importancia económica es debido a la extracción de cobre y oro, aunque este último se extrae en menor medida. (Copaja y col.,2014). Ambas actividades, agrícolas y mineras han afectado directa o indirectamente la composición

fisicoquímica de las aguas del río Choapa y sus afluentes, siendo históricamente una zona de interés económico y científico.

Tabla 1: Principales proyectos de mediana y gran minería. Fuente: MOP y col., 2010

Proyecto	Tipo	Titular	Fecha presentación	Ubicación
Aumento de capacidad del tranque de relaves Los Quillayes	DIA	Minera Los Pelambres (MLP)	May-2002	Salamanca
Tranque de Relaves N°2 de la Planta Santa Teresa	DIA	Vásquez Vera	Jul-2001	Illapel
Proyecto Tranque de Relaves Planta Tunquén	DIA	Antonio Polo Osses	Mar-2001	Illapel
Planta de Chancado de Caliza Farellones	DIA	Sociedad Contractual Minera Farellones	Oct-2000	Canela
Cal Viva	DIA	Compañía Minera Cal Norte	Oct-1999	Canela
Extracción de áridos del curso inferior del río Choapa	DIA	Concesiones del Elqui S.A.	Ago-1999	Canela

2.1.4 Descripción de los puntos de muestreo de aguas superficiales en ríos y esteros de la cuenca del río Choapa.

La matriz de datos obtenida se generó a través de la recolección de información que realizó en terreno el equipo de profesionales de la rama ambiental del INIA, efectuando muestreos de aguas superficiales en 15 puntos a lo largo de la cuenca del río Choapa cuatro veces durante el año de manera estacional, desde la zona alta de la cuenca (río Pelambres) hasta la parte baja de ella (río Choapa en Huentelauquén). La Tabla 2, señala los 15 puntos de muestreo para agua superficial, código y altitud respecto al nivel del mar. La Figura 2, presenta la localización de estos puntos en cuenca del río Choapa.



Figura 2: Puntos de muestreo del proyecto SAI en la cuenca del Choapa. En rojo los puntos de muestreo del río principal (Choapa) y en azul los puntos de muestreo de los afluentes.

Tabla 2: Puntos de muestreo, Cuenca del Río Choapa

Nombre punto de muestreo	Código	Altitud (m)
Río Choapa en Batuco	P1	1213
Río Pelambres antes confluencia con río Blanco	P2	1915
Río Pelambres antes de confluencia con Estero Piuquenes	P3	1818
Estero Piuquenes	P4	1745
Río Cuncumén antes de junta con río Choapa	P5	1119
Río Choapa bajo confluencia con río Cuncumen	P6	978
Río Choapa bajo descarga de planta de tratamiento de aguas servidas Chillepín	P7	787
Río Choapa en Llimpo	P8	667
Río Choapa en Salamanca	P9	560
Río Chalinga antes de la confluencia con río Choapa	P10	484
Río Choapa bajo confluencia río Chalinga	P11	475
Río Choapa en Puente Negro	P12	181
Río Illapel en puente El Peral	P13	178
Río Choapa antes Estero la Canela	P14	25
Río Choapa en Huentelauquén	P15	9

Fuente: Programa SAI, INIA.

2.1.5 Descripción de los parámetros físicos y químicos medidos en aguas superficiales

Las muestras previamente envasadas, selladas y rotuladas son enviadas al laboratorio de análisis de aguas HidroLab el cual es el encargado de analizar los parámetros descritos en la Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros y variables fisicoquímicos para aguas superficiales

Parámetro/Variable	Símbolo	Unidad de medición	Método analítico
pH	pH	-	SM-4500HB (2012)
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	SM-2510 B (2012)
Sodio Porcentual*	Nap	-	-
Sólidos totales disueltos	STD	mg/L	SM-2540 C (2012)
Temperatura	Temp		SM-2540 C (2012)
Calcio	Ca	mg/L	SM-3125 B (2012)
Magnesio	Mg	mg/L	SM-3125 B (2012)
Potasio	K	mg/L	SM-3125 B (2012)
Sodio	Na	mg/L	SM-3125 B (2012)
Dureza*	Dur	mg/L	-
Cloruro	Cl	mg/L	SM 4110B (2005)
Sulfato	Sulf	mg/L	SM-4110 B (2012)
Nitrógeno total Kejdhal	NKj	mg/L	SM 4500-Norg B-C
Boro	B	mg/L	SM-3125 B (2012)
Cobre	Cu	mg/L	SM-3125 B (2012)
Fierro	Fe	mg/L	SM-3125 B (2012)
Manganeso	Mn	mg/L	SM-3125 B (2012)
Cinc	Zn	mg/L	SM-3125 B (2012)
Aluminio	Al	mg/L	SM-3125 B (2012)
Arsénico	As	mg/L	SM-3125 B (2012)

* La dureza y el sodio porcentual se incluyen en la matriz de datos del programa SAI debido a que son caracterizados en la NCh 1.333 que define los requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Los otros parámetros corresponden a elementos trazas metálico, sales solubles y parámetros fisicoquímicos tales como pH, CE, o STD. El conjunto de datos recolectados desde el 2011 hasta el 2018 para todos los parámetros de la Tabla 3 se detalla en el anexo 2.

2.2 Tratamiento de datos

El conjunto de datos previamente estandarizado se sometió a la prueba KMO para comprobar si es necesario aplicar el ACP, es decir, si la colinealidad entre las variables es lo suficientemente grande como para justificar la factorización de la matriz de correlaciones partiendo de la hipótesis nula de que la matriz de coeficientes de correlación no es significativamente distinta de la matriz identidad. El estadístico KMO varía entre 0 y 1, un KMO cercano a 0 indica que el ACP no será útil, ya que necesitarían tantos componentes como variables para incluir un porcentaje de la información disponible. Comprobado este supuesto, se procedió a analizar la matriz de correlaciones a través del coeficiente de correlación r de Pearson el cual mide el cual mide la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables independiente de la escala de medida de las variables y varía de -1 a 1 (correlaciones negativas y positivas respectivamente). Este análisis preliminar sirve para ver las correlaciones de las variables en un mismo período de tiempo y es fundamental para que el ACP construya la transformación lineal a partir de la matriz de correlaciones.

En la matriz de correlaciones se incluyeron 2 nuevas variables "Sit" y "Year" La primera, la variable "Year", hace referencia al número de meses transcurridos desde el primero en que se dispone de medidas para las observaciones y variables considerados. La segunda, la variable "Sit", referente a la posición de la correspondiente al punto a lo largo del recorrido principal del río Choapa (la primera estación es la más cercana al nacimiento del río, y la última a su desembocadura). Esta inclusión de variables se realizó para identificar los cambios espaciales y temporales de las variables.

Finalmente se realizó el ACP cuyos outputs sirvieron para interpretar el origen de la varianza explicada por las nuevas variables (componentes). Los outputs del ACP fueron los siguientes:

- **Valores propios:** Los valores propios entregados por el ACP miden la cantidad de varianza explicada para cada componente. La cantidad de componentes principales que se analizaron se seleccionaron bajo los siguientes criterios (Kaiser,1961):
 - a. Un valor propio > 1 indica que los CP representan más varianza que la contabilizada por una de las variables originales en los datos estandarizados. Este será el punto de corte para la conservación de los CP.
 - b. A su vez se pueden limitar el número de CP a un número que representa una fracción importante de la varianza total.
 - c. Un método alternativo para determinar el número de componentes principales es analizar el diagrama de valores propios ordenados de mayor a menor. El número de componentes se determina en el punto, más allá del cual los valores propios restantes son relativamente pequeños y de tamaño comparable (Jolliffe 2002, Peres-Neto, Jackson y Somers (2005)).
- **Círculo de correlaciones (Coordenadas o loadings):** Se presenta el círculo de correlación de los CP seleccionados, donde están la totalidad de las variables. Este círculo presenta a las variables como puntos en el espacio de las nuevas variables creadas (CP). Tales puntos presentan coordenadas sobre cada eje que son los coeficientes de correlación de esta variable con cada CP en el espacio de variables.

- **Calidad de la representación:** La calidad global de la representación de una variable en el plano puede estimarse mediante un número: el cuadrado de la distancia de esta proyección al origen. Un alto \cos^2 indica una buena representación de la variable en el componente principal. En este caso las variables están posicionadas cerca de la circunferencia del círculo de correlación. Un bajo \cos^2 indica que la variable no está representada por los componentes, en este caso las variables están cerca del origen.
- **Contribuciones:** Las contribuciones de las variables en la contabilidad de la variabilidad en los componentes generados están expresadas en porcentaje.

El tratamiento de datos se efectuó en todo su conjunto a través del software estadístico Rstudio en su versión más reciente (2018) Los paquetes y comandos utilizados se obtuvieron a través de la **Practical Guide to Principal Component Methods in R** (Alboukadel Kassambara, 2017). Los principales paquetes utilizados fueron **FactoMineR** para la ejecución del análisis y **factoextra** para la extracción, visualización e interpretación de los resultados del ACP. Los valores $P < 0,05$ fueron considerados significativos. Toda la metodología descrita se realizó para el conjunto de datos correspondientes a los puntos de muestreo sólo del río principal y de la cuenca total respectivamente.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La discusión e interpretación de las representaciones gráficas generadas a través de los comandos estadísticos son separados entre el diagnóstico preliminar a través de las matrices de correlación con los resultados concretos del ACP.

3.1 Prueba Kaiser-Meyer-Olkin

En la Tabla 9 del Anexo 1 se resumen los criterios de evaluación del índice KMO para la aplicación del ACP. El índice KMO en ambas matrices nos indica que existe un buen nivel de multicolinealidad entre las variables, por lo tanto, existen diferencias significativas entre la matriz identidad y la matriz de correlación, rechazando la hipótesis nula. Esta premisa sirve para confirmar el uso del análisis de componentes principales

Tabla 4: Índice Kaiser-Meyer-Olkin para las dos matrices de datos.

KMO	Matriz de datos	Criterio de evaluación
0,73	Cuenca	Aceptable
0,81	Río Principal	Bueno

A continuación se presentan las matrices de correlación y resultados del ACP para el conjunto de datos del río principal con afluentes y el río principal sin afluentes respectivamente.

3.1.1 Matriz de correlación, Cuenca del Choapa.

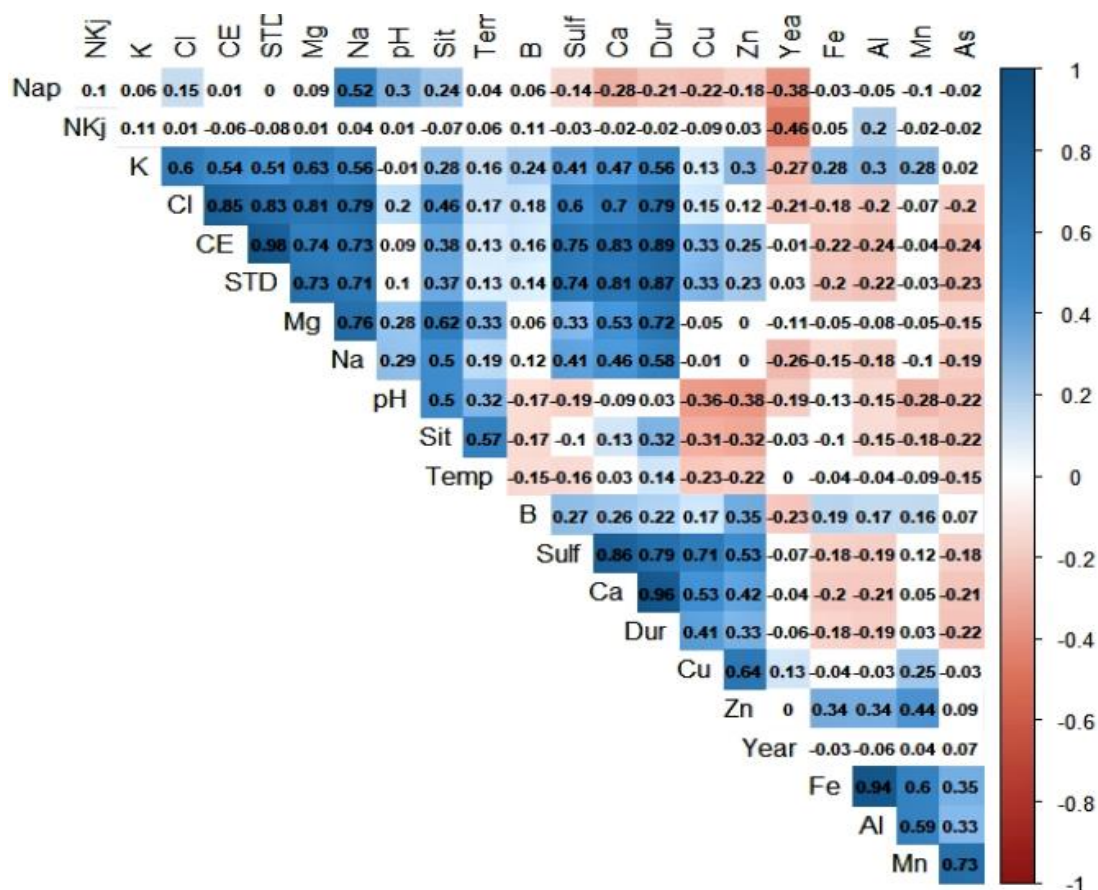
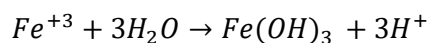
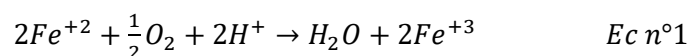
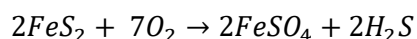


Figura 3: Matriz de correlación para todas las variables en toda la cuenca del Choapa. Los valores significativos ($p < 0,05$) se encuentran coloreados. La interpretación del coeficiente r de Pearson se ve en la Tabla 10 del Anexo 1.

- pH y elementos trazas metálicos

El pH presenta correlaciones de magnitud moderada con la mayoría de las otras variables y tiene valores promedios de pH similares (6,60-9,15). Presenta una correlación positiva de carácter moderado con el punto de muestreo (Sit, $r = 0,5$), esto indica que el pH se vuelve ligeramente alcalino en zonas intermedias y bajas de la cuenca. Destaca la correlación de carácter inverso dando cuenta que la disminución del pH aumenta la concentración de metales pesados en la fase líquida (Cavallaro, y col.,

1980). Esta correlación puede verse aumentada en los puntos P2, P3, y P5 debido al drenaje ácido de minas (Copaja y col.,2017). Esta es la formación de aguas ácidas, ricas en sulfatos y metales pesados, proveniente principalmente de la oxidación del sulfuro de hierro (FeS_2 , Pirita o “oro de los tontos”), que se encuentra a menudo en la extracción de Cu, Ag o metales valiosos en la actividad extractiva de minera Los Pelambres (Ec. N°1).



- **Arsénico**

El coeficiente r de correlación de Pearson para el pH y Arsénico es de -0,29 lo que significa que es de carácter débil e inversa, es decir que a valores bajos de pH tiende a aumentar la concentración de As en el agua superficial, pero esta afirmación es muy general, ya que a valores nuestros de pH existen diferentes especies en solución y precipitadas. Es por eso que las concentraciones de As (V) y (III) dependen de factores físicos, químicos y biológicos, en este último, los microorganismos juegan un papel fundamental, ya que muchas bacterias son capaces de transformar As (III) a As (V) y viceversa, como un mecanismo de defensa de algunas especies bacterianas (Macur y ccolet al., 2004; Stolz y col., 2010). Las concentraciones totales (mg/kg) de Arsénico encontradas en las muestras de los puntos P5 y P6 en el conjunto de datos de sedimentos del programa SAI (INIA, 2018) antes y después de la confluencia del río Cuncumén con el río Choapa, son mayores a las de las muestras que se consideraron blanco, en el punto Batuco 1 con un pH de la fase líquida del sedimento en torno a 9,

esto puede deberse a la influencia del CaCO_3 proveniente del estero piuquenes y río Pelambres .

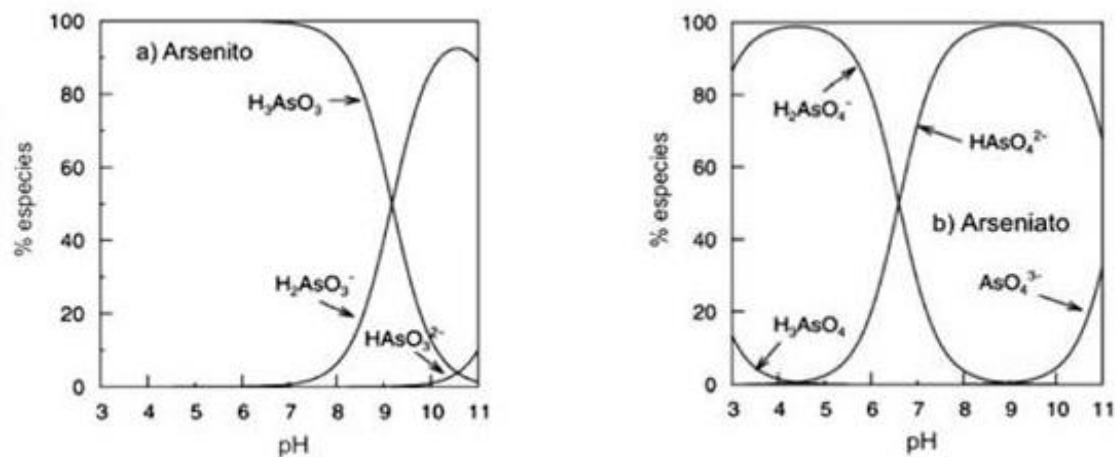


Figura 4: Especiación de a) arsenito y b) arseniato en función del pH. Las condiciones redox se han elegido de tal manera que el estado de oxidación indicado domina la especiación en ambos casos. Fuente: Smedley y Kinniburgh, 2002)

En la Figura 4 el As (III) se encuentra como H_3AsO_3 y sus correspondientes productos de disociación (H_2AsO_3^- , HAsO_3^{2-} y AsO_3^{3-}), los cuales, en condiciones oxidantes, son dominantes a pH alcalinos. Sin embargo, la forma sin carga del As (III) [$\text{As}(\text{OH})_3$] es dominante en ambientes reducidos y anóxicos, siendo así el más tóxico y difícil de eliminar. Por su parte el As (V) está presente en la forma H_3AsO_4 y sus correspondientes productos de disociación (H_2AsO_4^- , HAsO_4^{2-} y AsO_4^{3-}), siendo dominante bajo condiciones oxidantes a pH ácidos en ambientes acuosos y aeróbicos

- Cobre

El cobre (Cu) presenta un coeficiente de correlación de Pearson de carácter débil-moderado inverso ($r=-0,36$). Esta correlación inversa es uno de los valores más altos junto con el Zn. Esto indica que la presencia de cobre libre o ion cúprico responde a pH

ácidos. En general el Cu se encuentra en altas concentraciones disuelto en ambientes ácidos producto del drenaje ácido. Estas concentraciones se producen en el punto P2, río pelambres antes de la confluencia con estero piuquenes, en la parte alta del valle de Cuncumén. Luego tiende a descender su concentración en los puntos P5 y P6 ya que la abundancia de aniones provenientes del río Blanco generan especies precipitadas a pH ligeramente básicos. No obstante, cabe destacar que a ambientes ligeramente ácidos el Cu como también otros metales pueden ser adsorbidos formando complejos. Esto puede verse reflejado en la correlación positiva de carácter fuerte con el anión sulfato ($r=0,71$). En general estas especies se encuentran formando CuSO_4 que en solución se encuentra pentahidratado. Es común observar en zonas altas cordilleras material sedimentario y aguas de color azul turquesa propio de este compuesto. También responde de manera moderada a los otros cationes y tiene una relación baja inversa con la temperatura.

- **Manganeso**

El Manganeso presenta una correlación negativa inversa con el pH, aunque esta es de carácter débil ($r=-0,28$). Un comportamiento similar a los cationes metálicos descritos anteriormente, ya que prevalece la concentración en las aguas superficiales ante una disminución del pH. No obstante, en ambientes oxidantes, pero de pH neutros el manganeso forma óxidos precipitados que se encuentran generalmente acompañados por óxidos de hierro. La correlación altamente positiva ($r=0,73$) con el arsénico, refleja origen común de carácter litológico.

- **Cinc**

El cinc presenta una correlación inversa de carácter moderada-débil. Este comportamiento es muy similar al que tiene el ión Cu (II). Este metal es ampliamente

usado en la industria y por lo tanto las altas concentraciones encontradas en la media cuenca y cuenca baja puede ser debido a los vertidos o descargas directas al agua independiente o complementarias a los arrastres mineros, ya que eventualmente las estaciones en Cuncumén presenta menores concentraciones en todas las campañas.

- **Hierro**

El hierro presenta una correlación negativa baja con el pH y positiva alta con el Al y Mn y en menor medida con el Zn. Esto último indicaría origen común de carácter litogénico. A su vez presenta relaciones negativas bajas con aniones y por ende con la CE y STD. Esto podría deberse a factores de pH.

- **Aluminio**

El Aluminio presentó un comportamiento similar al Fe. Su alta correlación entre ellos indica un origen común. En general las asociaciones entre pares de metales indican fuente u origen común (MOP y col., 2010)

- **Alcalinos y alcalinos térreos**

Los cationes y aniones presentan correlaciones significativas y de carácter positivo, esto responde a un origen común. A su vez se puede apreciar que presentan una correlación con los puntos de muestreo, esto da cuenta de la evolución de las sales a lo largo de la cuenca, esencialmente por la descarga y el flujo de tales especies desde los sitios de muestreo que se encuentran en el nacimiento del río. No obstante, el K, Cl, Na y muestran un decaimiento en las concentraciones a través del tiempo.

- **Sodio porcentual y dureza**

Estos parámetros fueron incluidos por su interpretación en la NCh. 1333 de requisitos de calidad del agua para diferentes usos. Para el sodio porcentual (Nap), se ve una

pequeña correlación con la evolución del río ($r= 0,24$). A su vez evidencia que la concentración de Sodio en relación con otros cationes se hace más significativa con el Calcio e incluso con el Cobre ($r=-0,22$ y $r=-0,28$).

La dureza tiene correlaciones negativas con el Fe, Al y As. Esto puede ser a las características geoquímicas de los sedimentos y la poca solubilidad de estos metales en algunos puntos de muestreo. En general la dureza está relacionada con la dilución de los sólidos salinos.

3.1.2 Outputs ACP, Cuenca del Choapa

- Varianza

En la Tabla 5 se presentan los porcentajes de varianza explicada por cada componente generado y sus valores propios. La Figura 5 muestra los componentes generados con mayor porcentaje de varianza explicada.

Tabla 5: Componentes generados y porcentaje de varianza explicada y acumulada

Componente	Valor Propio	Porcentaje de Varianza	Varianza Acumulada
1	7,25	32,41	32,41
2	3,77	17,80	50,21
3	2,74	12,77	62,99
4	1,54	8,21	71,21
5	1,16	5,80	77,02
6	0,87	4,15	81,17
7	0,80	3,51	84,68
8	0,69	3,11	87,79
9	0,61	2,81	90,6
10	0,35	2,2	92,8

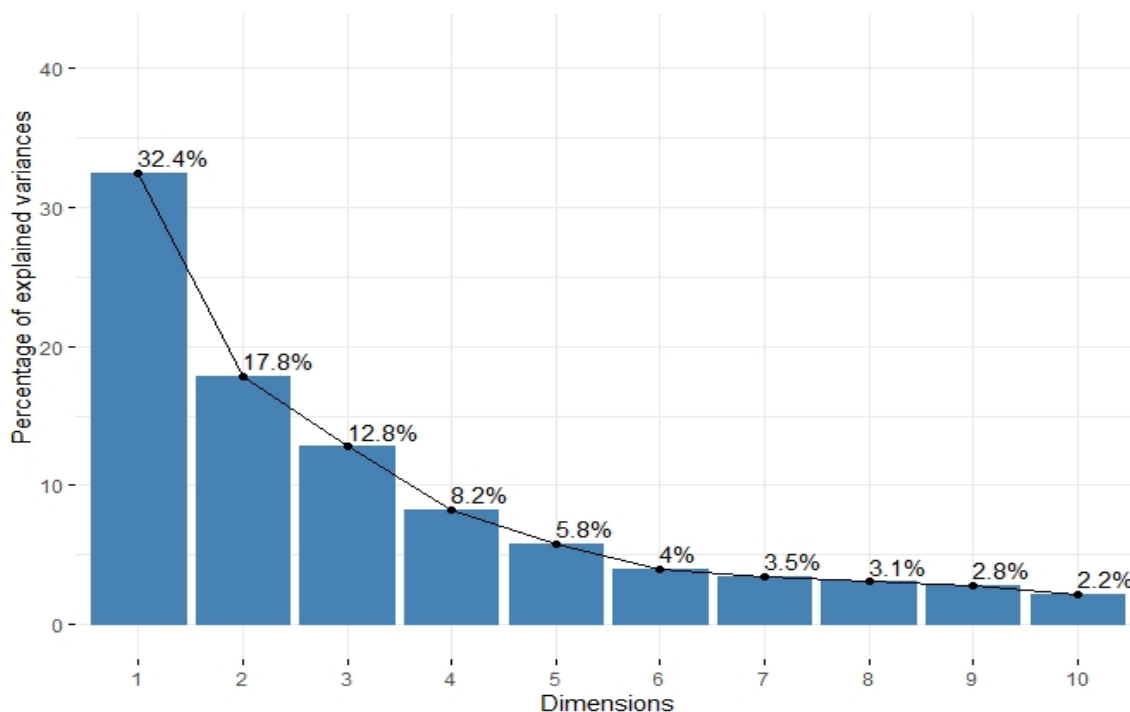


Figura 5: Componentes generados a partir de la varianza retenida por los valores propios

La elección de los componentes principales se basó en los criterios a, b y c del apartado de valores propios en la sección de tratamiento de datos, con los cuál se eligieron los primeros 5 componentes principales que explican un 77% de la varianza total del conjunto de datos. La importancia de esta elección radica en que los componentes principales al ser independientes uno de ellos (ortogonales) explican los errores del CP anterior, es decir, los CP elegidos representan los datos que presenta mayor dispersión y están sujetos a “cambios”.

En la Tabla 6 se presentan las contribuciones en porcentaje y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes principales seleccionados para la cuenca del Choapa. La información expuesta a partir del análisis ACP es complementada con el círculo de correlaciones de la Figura 6.

Tabla 6: Contribuciones y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes seleccionados.

Variable /Parámetros	C ₁		C ₂		C ₃		C ₄		C ₅	
	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)
Sit	0,19	2,45	(-)	9,25	(+)	1,18	(+)	10,3	(-)	0,02
Year	-0,07	0,24	(+)	0,28	(-)	5,84	(+)	16,9	(+)	12,0
pH	0,11	0,21	-	0,61	0,24	0,66	-0,20	0,77	<0,01	0,44
CE	0,95	12,7	<-0,01	<0,1	<-0,01	0,36	<-0,01	0,31	<-0,01	0,29
Nap	0,08	0,16	-0,46	3,63	0,55	7,33	0,63	14,2	<-0,01	11,68
STD	0,94	12,3	<-0,01	<0,1	<-0,01	0,41	<-0,01	0,59	<-0,01	0,58
Temp	0,15	0,46	-0,34	4,66	0,22	0,72	-0,55	12,4	0,1	5,73
Ca	0,86	10,6	0,27	1,88	-0,29	2,24	-0,1	0,06	<0,01	1,37
Mg	0,79	8,96	-0,19	1,50	0,28	1,44	-0,32	4,79	<-0,01	0,18
K	0,63	5,64	0,24	1,23	0,45	7,73	-0,17	0,74	0,1	1,39
Na	0,79	8,34	-0,34	2,18	0,37	2,54	0,18	1,07	<-0,01	3,26
Dur	0,92	12,3	0,16	0,5	-0,16	0,77	-0,19	0,97	<0,01	1,37
Cl	0,90	11,4	-0,13	0,42	0,12	0,18	<-0,01	0,02	<-0,01	>0,1
Sulf	0,78	8,38	0,36	4,44	-0,31	2,23	0,20	2,51	<0,01	0,06
Nkj	-0,01	<0,1	<0,01	<0,1	0,23	3,14	<0,01	7,02	-	0,72
B	0,23	0,66	0,35	3,76	0,14	1,85	0,32	6,72	0,33	1,32
Cu	0,35	1,73	0,57	9,81	-0,40	3,11	0,28	1,87	<-0,01	0,99
Fe	-0,21	0,64	0,57	8,86	0,64	17,9	-0,17	3,52	0,1	0,19
Mn	-0,03	0,03	0,72	12,3	0,43	9,91	<-0,01	2,47	-	5,27
Zn	0,29	1,06	0,75	15,2	<-0,01	0,4	0,21	1,25	0,14	0,01
Al	-0,22	0,75	0,58	7,2	0,64	18,2	-0,18	2,34	0,20	1,99
As	-0,26	1,09	0,44	4,64	0,36	6,23	<-0,01	1,28	-	11,29
									0,52	

De la tabla anterior se deduce que:

- El 1^{er} componente está relacionado con la conductividad y la disolución de sales en el agua superficial. Este proceso es el que explica la mayor varianza en los datos. Destacan las contribuciones y correlaciones de STD, CE, Ca, Dur y Cl.
- El 2^{do} componente tiene relación con algunos elementos traza metálicos y su solubilidad dependiente del pH. Las mayores contribuciones las aportan el Cu, Fe, Zn, Mn y en menor medida el As. La contribución de la variable "Sit" y su correlación negativa en el componente puede relacionarse con mayor presencia

de estos metales en los primeros puntos de muestreo en alta cordillera. El origen de la varianza explicada para este componente sería posiblemente a partir de actividades mineras.

- El origen de varianza explicada por el tercer componente se relaciona con las fuentes litológicas, siendo los más significativos y representativos el Al y Fe. A su vez existen pequeños aportes de Mn, K, As y B, pero con bajas correlaciones con el componente.
- La fuente de la varianza que explica este componente está relacionada con la disolución de productos agrícolas de origen mineral. Las contribuciones de Nkj, B, Mg, Nap y T° son las que más aportan a este componente.
- El quinto componente se constituye principalmente de las contribuciones de Nkj y B. Su varianza puede que tenga origen en la materia orgánica de los puntos de muestreo y zonas de eutricación.

La importancia de los nuevos componentes generados decae a medida que la varianza explicada disminuye. Para estos tipos de análisis, una gráfica del círculo de correlación de los dos primeros componentes muestra una visión general de las variables que controlan la varianza de los datos. En este caso la figura 9 muestra el círculo de correlación para los componentes generados que explican el 50% de la varianza de la matriz de datos original.

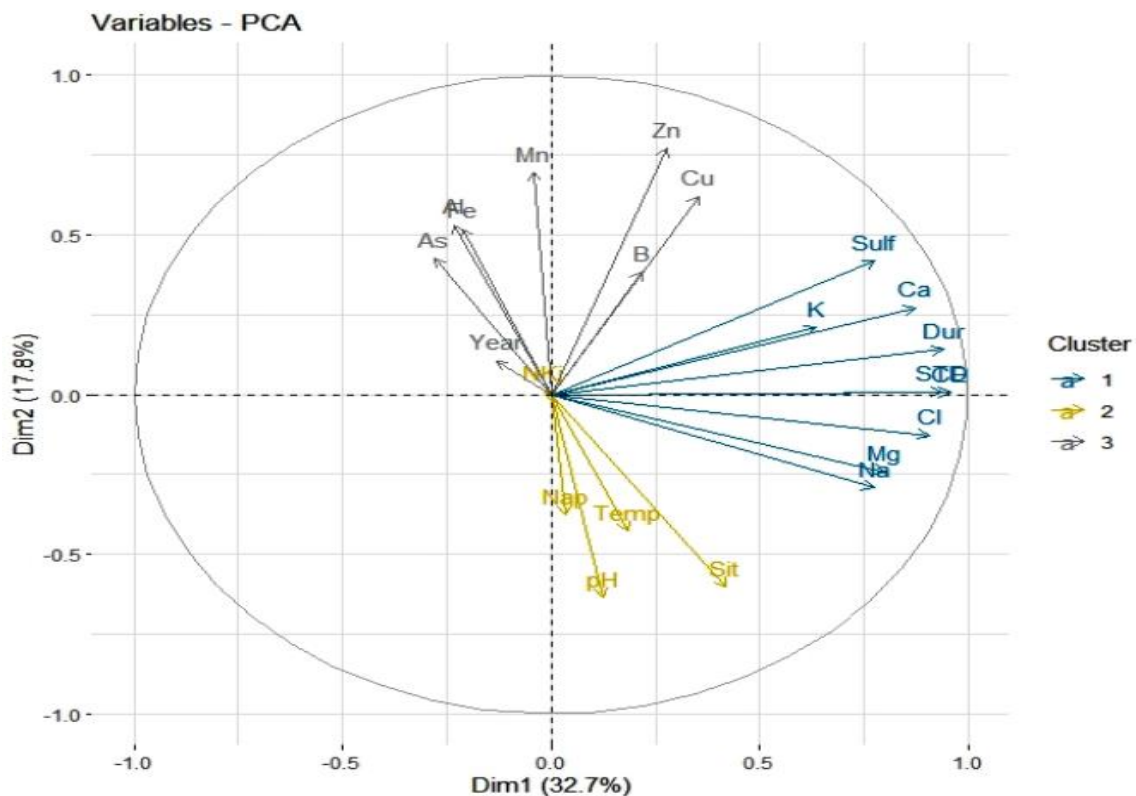


Figura 6: Círculo de correlación y agrupaciones de variables para los CP 1 y 2

Visualmente, es posible observar de forma intuitiva parte de la información que dan algunas de estos componentes. Las variables que se encuentran solapadas corresponden a STD y CE, este solapamiento evidencia una correlación casi perfecta (ver figura 6) con una calidad de su representación alta para ambos componentes ya que se encuentran cerca de la circunferencia.

Para el primer componente las variables/parámetros más correlacionadas son el Cl, STD, Dur, Ca, Mg, Na, SO_4^{-2} y en menor medida el K, formando un cluster de variables/parámetros (color azul). El segundo componente refleja que existe correlaciones negativas entre el pH y la mayoría de los metales, y que en general, las concentraciones van disminuyendo a lo largo del río. Las variables correlacionadas

positivamente con el segundo componente están formando un segundo cluster, donde la variable mejor representada es el Zinc, que refleja un comportamiento similar al Cu.

El tercer cluster cuenta con las variables/parámetros físicos. Da cuenta de la evolución de algunos cationes a lo largo del río y que la temperatura no presenta un papel importante dentro de la variabilidad de los datos.

Un análisis más detallado de la información de la Tabla 6 se presentan los círculos de correlación de los componentes seleccionados. Las Figuras 7, 8 y 9 muestran visualmente la contribución y la calidad de representación de las variables en los componentes seleccionados, 3 4 y 5.

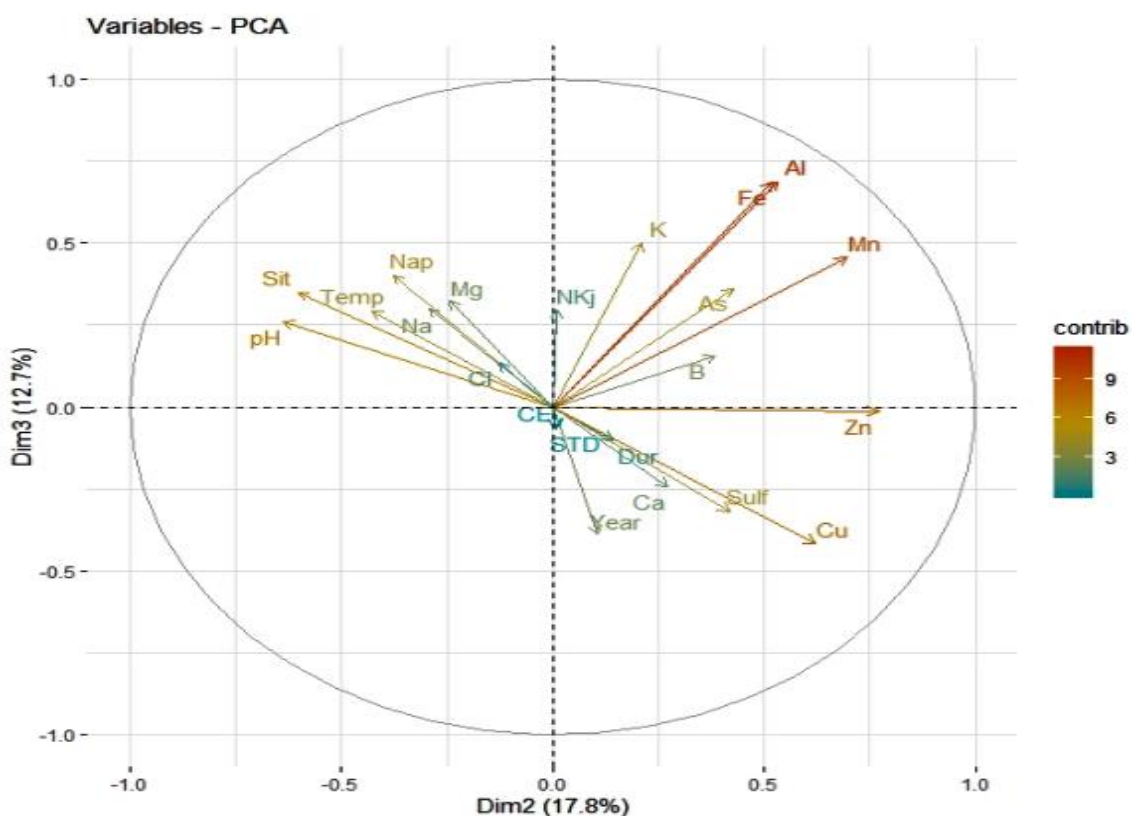


Figura 7: Círculo de correlaciones para los CP 2 y 3 de la cuenca del Choapa

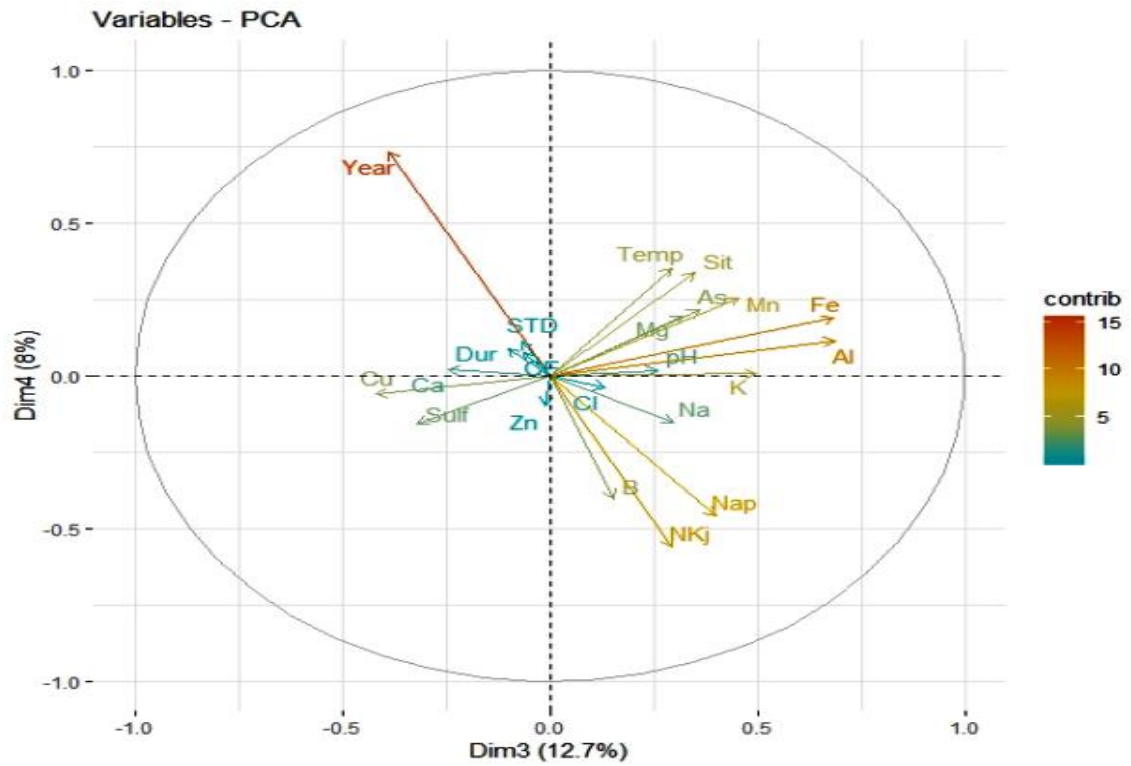


Figura 8: Círculo de correlaciones para los CP 3 y 4.

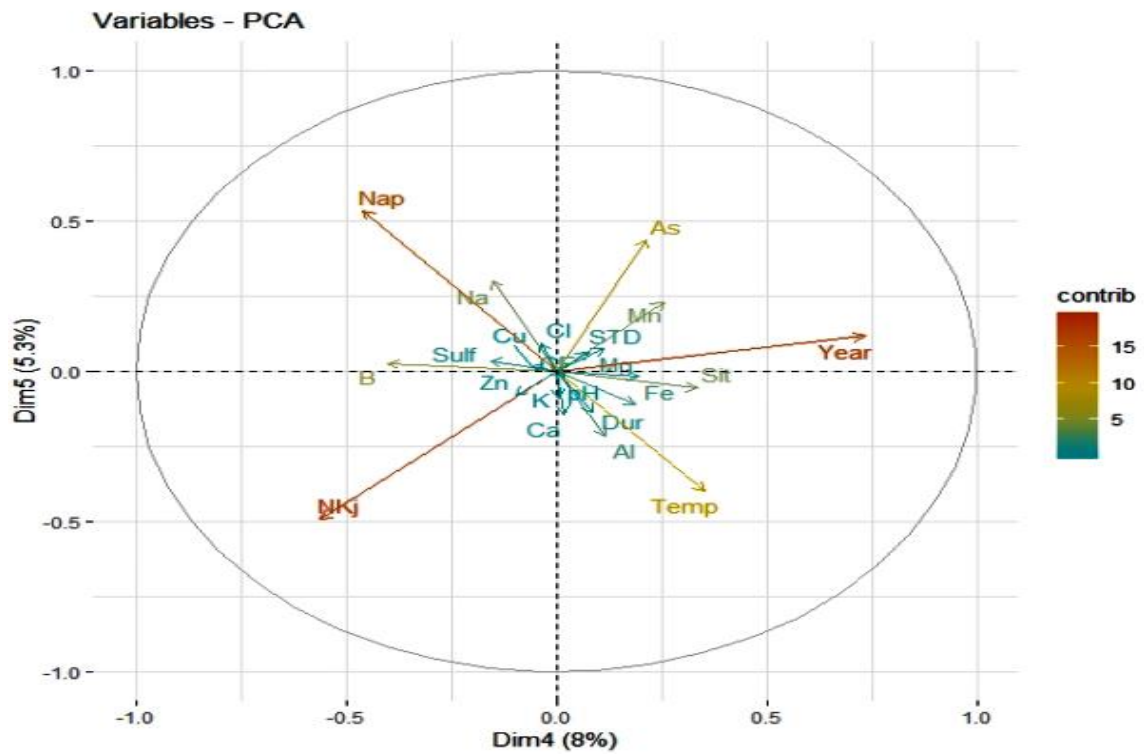


Figura 9: Círculo de correlaciones para los CP 4 y 5

De la Figura 7 se observa la pareja de metales Al y Fe altamente correlacionados y contribuyendo a los CP 2 y 3. El Zn se encuentra altamente correlacionado con el CP 2, no así con el componente 3. El Cu presenta una correlación significativa, pero baja con el CP2 y CP3, a su vez se ve una correlación positiva moderada con el SO_4^{-2} . En estos componentes se ve reflejada la nula correlación entre la pareja Fe y Al con el Cu. Estas tres variables contribuyen y se correlacionan positivamente con el CP2, pero es negativa la correlación del Cu en el CP3 y positiva para Fe y Al. El ángulo que forman entre ambas variables refleja que existe un origen distinto para el aporte a la contribución a los componentes. Este factor subyacente puede estar reflejado en las actividades mineras que se desarrollan con la extracción de Cu en los puntos de muestreo de la zona del río Pelambres y Cuncumén.

En la Figura 8 se aprecia existen pocas variables bien representadas por los CP 3 y 4. En general se aprecia una contribución alta para ambos componentes de la variable year la cual tiene correlación negativa con las variables que contribuyen a ambos componentes como es el B, Nap, y en menor medida el B. Esta figura evidencia que no existen correlaciones significantes que relacionen la temporalidad con la mayoría de los metales. En estos CP la calidad de la representación para las variables mejor representadas de los primeros componentes se ve reflejado en sus cercanías al origen del círculo de correlaciones.

En la Figura 9 la mayoría de las variables están cercana al origen. En estos componentes se puede ver una alta contribución del Nkj y correlación negativa a ambos componentes. Presenta correlaciones negativas con el As y Year.

3.1.3 Río principal

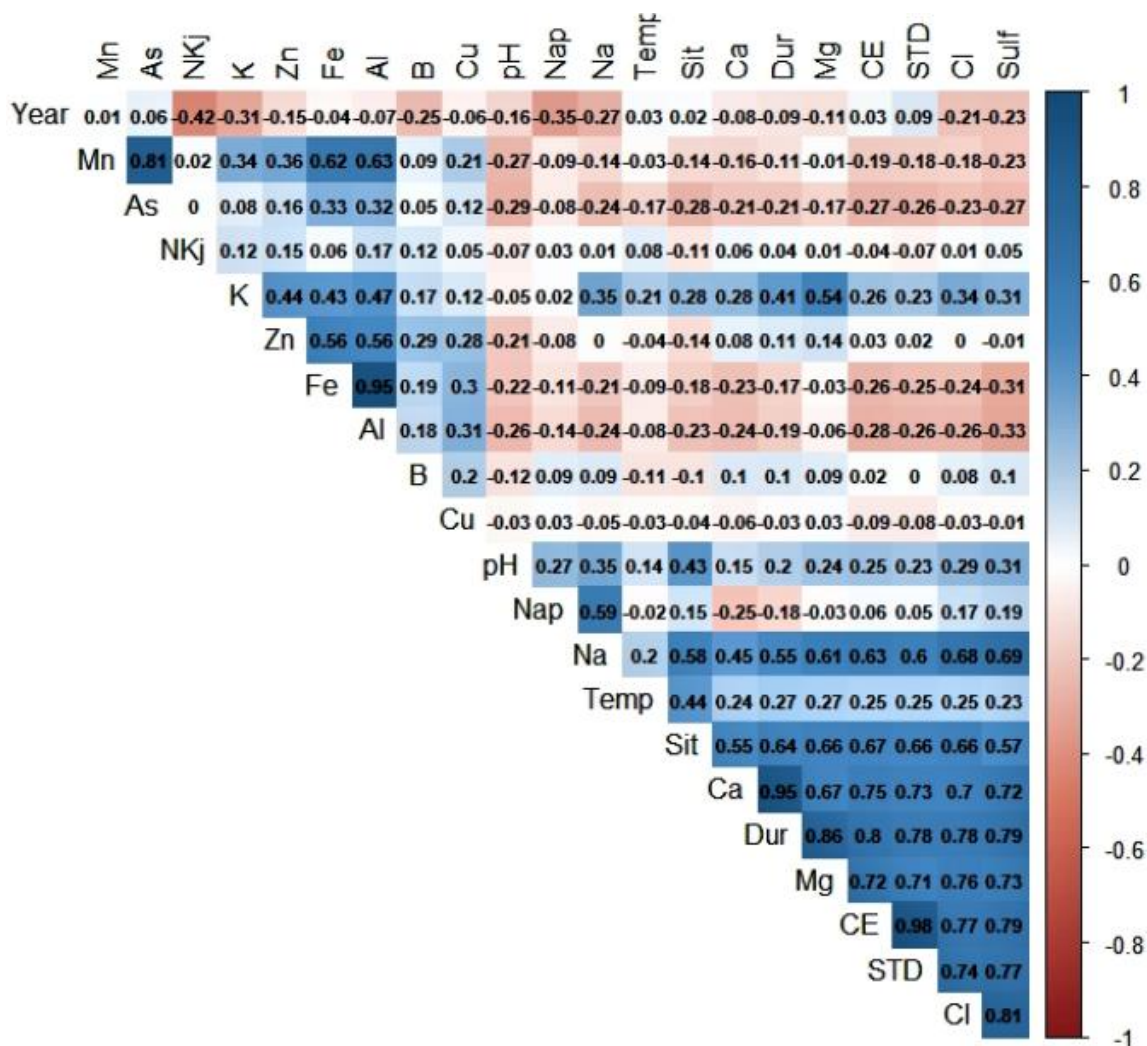


Figura 10: Matriz de correlación para los puntos de muestreo del río principal.

- pH y elementos traza metálicos

El pH tiene correlaciones negativas significativas con el Al ($r = -0,26$), Fe ($r = -0,22$), Zn ($r = -0,21$), As ($r = -0,29$) y Mn ($r = -0,27$). Todas estas relaciones indican la solubilidad de estas trazas en el agua superficial y su origen común de carácter litogénico. Notar que

la influencia del pH en el Cu no es significativa para el río principal, como si lo era para la cuenca en general, esto debido al aporte de este metal proveniente del río Cuncumén. A su vez el pH presenta correlaciones positivas con la mayoría de los cationes y aniones que conforman sales de carácter básicos como NaOH, CaCO₃, Mg(OH)Cl, Fe(OH)SO₄, etc.

- **Cobre**

El cobre en esta matriz no presenta una correlación significativa con el pH ni con el punto de muestreo (Sit), esto sugiere que el río principal a lo largo del período de muestreo y en todo su largo, no recibe aportes directos de cobre disuelto en aguas superficiales y tampoco hay evidencia de un origen litogénico. No obstante, existen correlaciones positivas significativas con el Al ($r=0,31$) Fe (0,3), Zn (0,28) y Mn (0,21). Tales correlaciones evidencian origen común o pequeñas concentraciones de Cu asociadas suelos ricos en Fe y Al como es el caso del punto de muestro ubicado en Batuco (BAT1).

- **Arsénico**

El As presenta una fuerte correlación positiva con el Mn ($r=0,81$) supone una dependencia asociada a los óxidos de Fe y As asociados a sedimentos. El As también presenta varias relaciones negativas, en su mayoría con los aniones y cationes. El As presenta correlación negativa con el sitio de muestreo ($-0,28$), es decir, este se presenta en los puntos de muestreo más cercanos a la cordillera y decae la concentración a lo largo del río. A pH ácidos el arsénico se vuelve más soluble ($r=-0,29$). En general, su relación con los sólidos y dureza es negativa, no aportando a la conductividad del río.

- **Manganeso**

El manganeso sigue manteniendo una fuerte correlación con el As. Esta correlación evidencia un comportamiento similar en los primeros puntos de muestreo y decae con la evolución del río. Aparece una pequeña correlación positiva ($r=0,16$), pero significativa con el Zn lo que da cuenta de un comportamiento y origen posiblemente común en el río Choapa. En general no aportan a la cantidad de sólidos totales disueltos del río al igual que el As, Fe y Al ($r=-0,18$).

- **Fe y Al**

El hierro y el aluminio presentan un comportamiento similar a lo largo del río, su correlación ($r=0,95$) indica fuente u origen común. No aportan a la conductividad del río, ya que presenta correlaciones negativas con casi todos los parámetros salinos. Ambos decaen en concentración a largo del río ($r= -0,18$) y ($r= -0,23$).

- **Cinc**

El cinc se relaciona de igual manera con el Al y Fe ($r=0,56$), lo que indica fuente u origen común. En general se relacionan con los óxidos de Fe y Al en procesos de adsorción y en menor medida con el Mn. También presenta una pequeña correlación con el B, indicativo de alguna remoción del suelo de materia orgánica.

- **Alcalinos y alcalinos térreos**

Aunque el comportamiento es similar a la cuenca, en esta matriz de correlación se nota más la influencia de los sólidos totales disueltos a la conductividad del río. También queda de manifiesto la temperatura del río, la cual en la primera matriz de correlación no

tenía correlaciones significantes con ningún catión. En este sentido, se refleja el aumento de la dilución de estas especies influyendo en el pH.

- **Sodio porcentual y dureza**

En esta matriz se evidencia que el parámetro utilizado muestra clara correlación negativa con el calcio. En general, el calcio es una de las variables predominantes a la contribución de la dureza y de los sólidos totales disueltos y por lo tanto indica una competencia entre la disponibilidad de sodio y calcio.

3.1.4 Outputs del ACP, Río Principal

- **Varianza explicada**

Tabla 7: Dimensiones generadas y porcentaje de varianza retenida y acumulada

Componente	Valor propio	Porcentaje de Varianza	Porcentaje de Varianza Acumulada
1	7,46	33,91	33,91
2	3,72	16,94	50,85
3	1,98	9,04	59,89
4	1,42	6,47	66,36
5	1,04	5,35	71,72
6	0,93	5,02	76,75
7	0,87	3,96	80,70
8	0,78	3,55	84,26
9	0,69	3,16	87,42
10	0,58	2,65	90,08

Las pequeñas diferencias de la varianza retenida por cada componente entre el río principal y la cuenca, radica en los aportes de los afluentes y se ve reflejado en las contribuciones de algunos parámetros para dichos componentes.

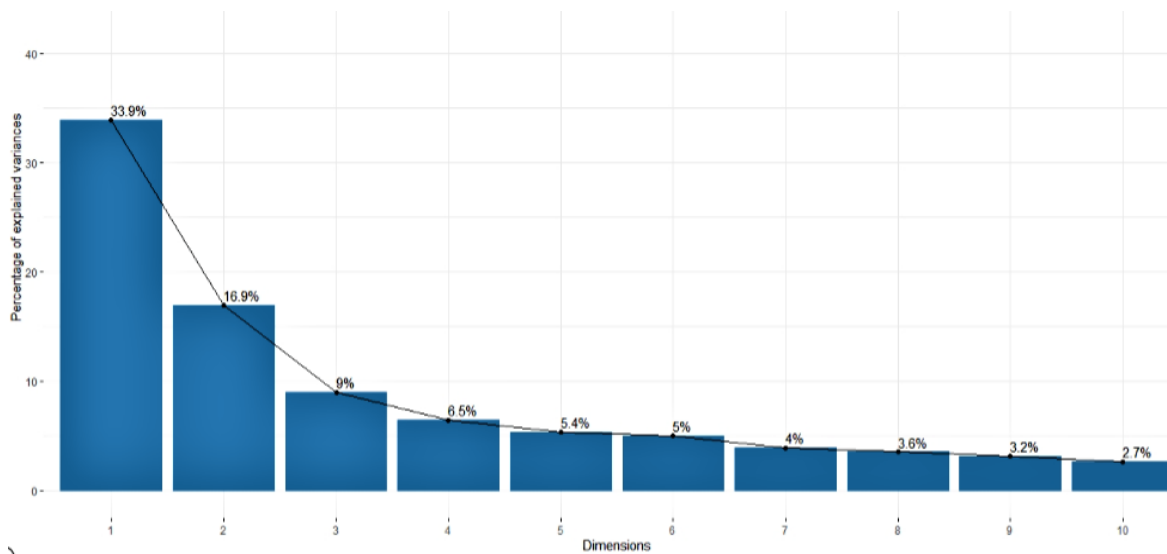


Figura 11: Dimensiones generadas a partir de la varianza retenida por los valores propios.

En la Tabla 8 se presentan las contribuciones en porcentaje y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes principales seleccionados para el río principal de la cuenca del Choapa. La información expuesta a partir del análisis ACP es complementada visualmente con el círculo de correlaciones de la Figura 12.

Tabla 8: Contribuciones y correlaciones de cada variable/parámetro con los componentes seleccionados

Variable/Parámetros	C ₁		C ₂		C ₃		C ₄		C ₅	
	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)	Cor	Contrib (%)
Sit	0,77	8,14	<0,01	<0,01	<-0,01	0,23	0,33	7,82	0,22	4,34
Year	-0,13	0,25	-0,23	1,42	-0,74	27,66	0,27	5,33	-0,06	0,35
pH	0,39	2,09	-0,26	1,80	0,30	4,67	0,32	7,06	0,23	4,51
CE	0,90	10,9	<0,01	0,09	-0,17	1,41	0,02	0,03	-0,12	1,27
Nap	0,14	0,26	-0,10	0,32	0,79	31,06	0,44	13,54	-0,18	2,58
STD	0,88	10,35	0,05	0,07	-0,21	2,24	0,05	0,16	-0,13	1,41
Temp	0,35	1,68	0,03	0,03	-0,11	0,60	0,16	1,90	0,64	34,5
Ca	0,81	8,93	0,14	0,54	-0,28	3,95	-0,30	6,54	-0,06	0,33
Mg	0,83	9,25	0,33	2,91	-0,10	0,53	0,03	0,07	0,02	0,03
K	0,33	1,45	0,72	13,95	0,10	0,56	0,06	0,24	0,20	3,4
Na	0,76	7,67	0,07	0,13	0,41	8,52	0,27	5,14	-0,13	1,48
Dur	0,89	10,67	0,23	1,40	-0,23	2,77	-0,19	2,68	-0,03	0,1
Cl	0,88	10,47	0,1	0,32	0,06	0,18	0,02	0,03	-0,1	0,89
Sulf	0,89	10,65	0,06	0,1	0,10	0,53	-0,06	0,3	-0,14	1,80
Nkj	<-0,01	<-0,01	0,21	1,26	0,37	6,95	-0,51	18,6	0,29	7,40
B	0,04	<-0,01	0,36	3,48	0,29	4,30	-0,37	9,68	-0,38	12,46
Cu	-0,1	0,12	0,39	4,07	0,12	0,76	0,01	0,03	-0,04	0,12
Fe	-0,36	1,76	0,80	17,35	-0,03	0,04	0,14	1,51	0,16	2,23
Mn	-0,31	1,26	0,72	13,75	-0,16	1,35	0,37	9,76	-0,17	2,54
Zn	-0,06	<-0,01	0,72	14,06	0,02	0,04	-0,2	2,76	-0,04	0,001
Al	-0,38	2,00	0,44	17,85	-0,18	0,06	0,31	0,35	-0,4	13,96
As	-0,38	1,99	0,81	5,08	-0,01	1,62	0,07	6,91	0,2	3,82

De la tabla anterior se deduce que:

- El 1^{er} componente tiene relación con la salinidad y sólidos disueltos del río principal, manteniendo una correlación estrecha entre la conductividad y la dureza y su evolución a lo largo del río.
- El 2^{do} componente tiene relación con el potasio presente en el río y su contribución indica que su origen puede ser de carácter litológico en los suelos arcillosos ya se indican correlaciones más fuertes con el Mn, Zn, Al y Fe que con los otros metales (Cu y As).

- El 3^{er} componente toma relevancia la temporalidad y el sodio porcentual. Esta última variable que indica la relación entre el sodio y otros cationes tales como el Mg, Ca y K, atribuible a la aplicación de productos y fertilizantes agrícolas.
- El 4^{to} componente tiene que ver con el nitrógeno total. Éste cobra relevancia y su contribución cambia de componente para el río principal en comparación con toda la cuenca. Este componente tiene que ver con la materia orgánica presente en el río, ya que la contribución y su representación se influencia por el Nkj y B.
- El 5^{to} componente tiene que ver con la relación entre los metales de origen litológico y aquellas variables como el B ligados a la materia orgánica.

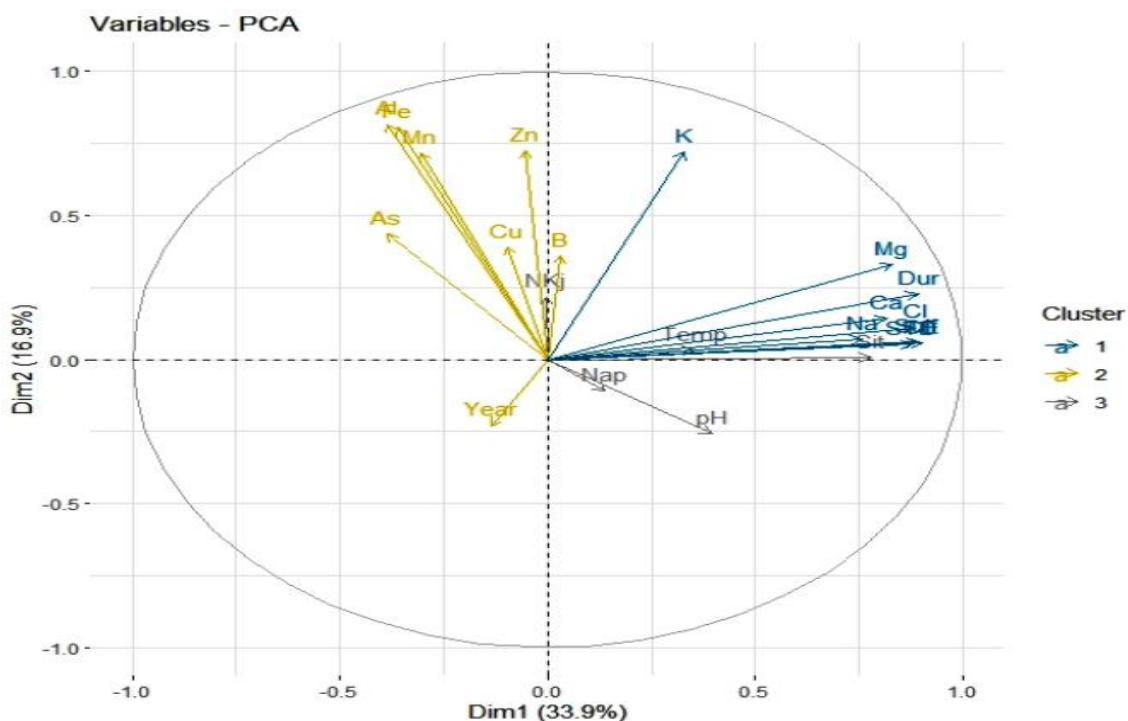


Figura 12: Círculo de correlación y agrupaciones de variables (clusters) para el río principal.

Visualmente se puede ver que existe una mayor correlación entre las cationes alcalinos y alcalinos térreos, esto porque la variabilidad de los datos baja cuando los afluentes no aportan la varianza a la matriz de datos original. Aunque el potasio se comporta de una manera diferente al resto de los alcalinos.

El aluminio, fierro, arsénico, manganeso y cinc toman importancia en el segundo componente principal correlacionados positivamente. La importancia del cobre para este componente disminuye en comparación con su contribución al análisis de la toda la cuenca. La baja contribución y correlación del Cu es una consecuencia de la extracción del mineral en la roca, esto reafirma la suposición de que el aporte de Cu en las aguas superficiales del río principal proviene de los afluentes..

Al igual que en la Figura 6 se presentan tres cluster se variables. El primer grupo corresponde a las variables que interpretan, a la salinidad, conductividad y especies disueltas del río en función con su evolución espacial. El segundo corresponde a los metales de carácter litológico, donde la contribución principal la hacen el Fe, Mn y Zn. El tercero corresponde a los parámetros fisicoquímicos pH, Nap en función de la temporalidad, aunque con una muy baja calidad de la representación para estos primeros componentes principales, esto muestra que el río durante el período de muestreo no ha sufrido grandes cambios en su composición química que manejen la variabilidad de la matriz de datos original, al igual que el pH, indicando una cierta homogeneidad de los valores de pH a lo largo del río principal.

Las Figuras 13, 14 y 15 muestran gráficamente la información detallada en la Tabla 8. Los círculos de correlaciones para los componentes 3, 4 y 5 dan cuenta de la varianza restante para los componentes seleccionados.

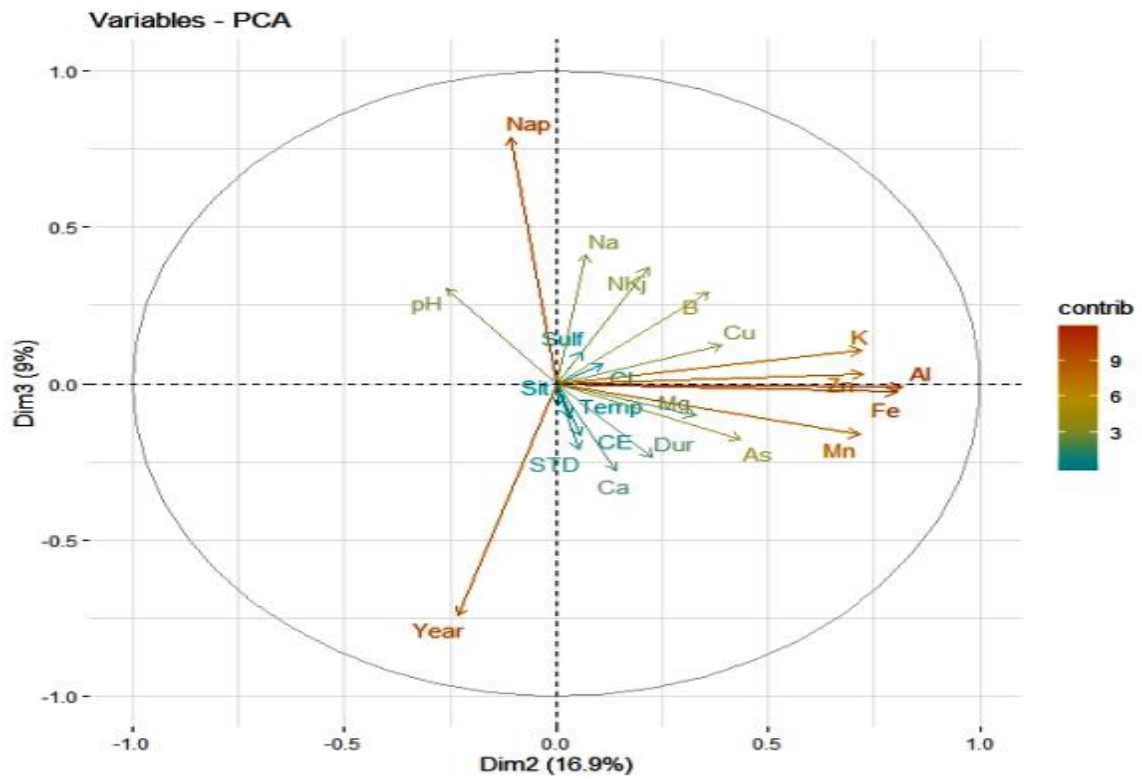


Figura 13: Círculo de correlaciones para los CP 2 y 3 del río principal.

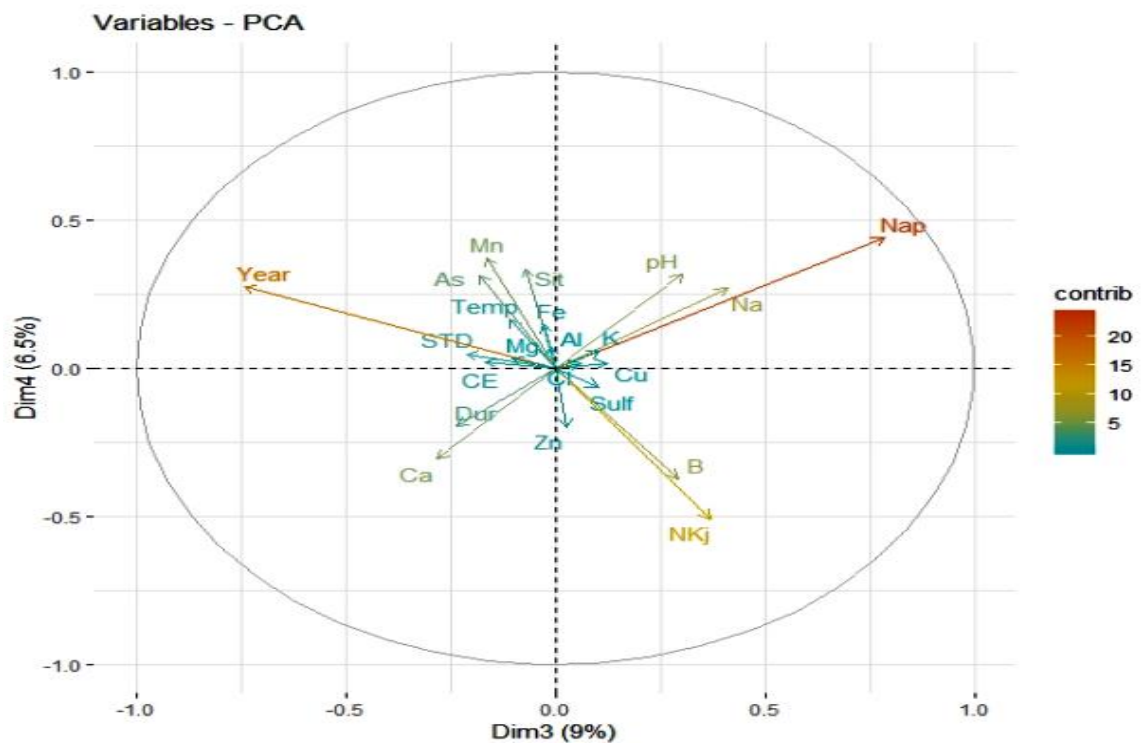


Figura 14: Círculo de correlaciones para los CP 3 y 4 del río principal.

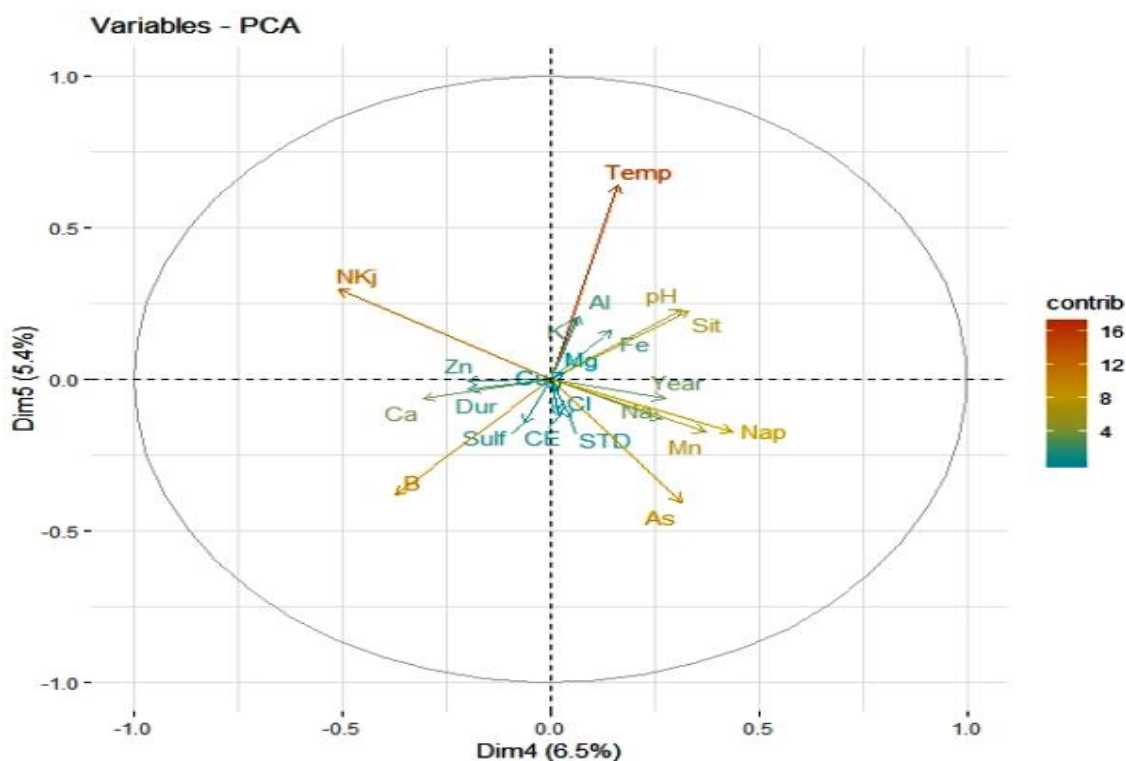


Figura 15: Círculo de correlaciones para los CP 4 y 5 del río principal.

En la Figura 13 se puede observar la alta correlación entre el Fe, Al y Zn en el CP 2. En general no hay relación entre los metales y la variable Year durante el período de estudio. Destaca la correlación negativa entre el Ca y Nap. Esta última variable describe la relación entre el catión Na y cationes como el Mg, Ca y K, por lo que podría evidenciar la competencia en la adsorción de cationes por parte de los suelos arcillosos.

En la Figura 14 se muestran las variables que contribuyen a los componentes 3 y 4. El sodio porcentual es la variable mejor representada dentro del círculo de correlaciones. En general las correlaciones son bajas para todas las variables cercanas al origen del círculo. En estos componentes el As y el Mn mantienen una correlación moderada atribuido principalmente al material litológico.

En la Figura 15 se observa que el As ha aumentado su contribución en el círculo de correlaciones, pero disminuye su correlación con el Mn. Se observa una correlación negativa entre el B y la T°. El manganeso aumenta su correlación con el Sodio porcentual en el CP 4.

El CP 5 tiene una fuerte contribución de la T°, Nkj y B. El origen de esta varianza puede estar influenciada por la materia orgánica presente en algunos puntos de muestreo río abajo.

IV. CONCLUSIONES

- Se logró comprobar el supuesto de multicolinealidad para la matriz de datos y así poder aplicar el ACP.
- El alcance del coeficiente de correlación de Pearson quedó limitado para aquellas variables que presentaron bajas correlaciones ($r < 0,4$) ya que no se evidenciaba una relación lineal. Para ver otro tipo de correlaciones no lineales es necesario construir, analizar e interpretar gráficos de dispersión.
- Se logró reducir la dimensionalidad de la matriz de datos a un mínimo explicativo de componentes principales para el conjunto de datos de la cuenca con y sin afluentes. El primer ACP para la cuenca del Choapa generó 5 dimensiones que retenían más del 77% de varianza. Para el segundo ACP del río principal se generaron 5 dimensiones que retenían más del 73% de varianza.
- En general las fuentes de variabilidad para los CP de ambos ACP fueron iguales o se alternaron en el orden, no obstante, las contribuciones y correlaciones de las variables dentro de los componentes fue distinta debido a las diferencias que existe en la composición de las aguas superficiales del río principal con respecto a los afluentes, principalmente en aquellos puntos de muestreo en zonas cordilleranas. Tales fuentes de variabilidad fueron los procesos de disolución de sales, las fuentes litológicas y actividades mineras, la disolución de productos agrícolas de origen mineral y la materia orgánica ligada a procesos de eutroficación.

- Se comprobó que las contribuciones de metales tales como As y Cu tienen relación con las actividades mineras desarrolladas en la zona cordillerana de la cuenca debido a que estas variables presentaban distintas contribuciones al CP2 generado para ambos ACP.
- Las contribuciones de las variables Sit y Year no fueron determinantes para explicar la relación de la temporalidad y la variación espacial de las demás variables, esto pudo haber sido consecuencia de la distribución y posicionamiento de las variables Sit y Year en la matriz de datos.
- La optimización del modelo requiere que otros análisis multivariados como el análisis de cluster o análisis factorial se apliquen no tan solo a la matriz de datos de aguas superficiales, sino también a la matriz de datos de todos los componentes del sistema acuático. Se espera que con este trabajo se puede seguir analizando la matriz de datos de sedimentos para obtener nuevas correlaciones entre los parámetros medidos en aguas superficiales y los medidos en sedimentos en su fracción total y soluble, además de establecer los puntos de muestreo que en la red generan información innecesaria o redundante estableciendo un nuevo orden de las variables en la matriz de datos de aguas superficiales 2011-2018.

V. REFERENCIAS

1. Afifi, A. A. and Clark, V. (1996). Computer-aided multivariate analysis. 3th. Chapman and Hall, London pp, 43-125.
2. Azhar SC, Aris AZ, Yusoff MK, Ramli MF, Juahir H (2015) Classification of river water quality using multivariate analysis. *Procedia Environ Sci* 30:79–84
3. Boluda, H. R. (1988): Relaciones estadísticas de los valores de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) con el pH, contenido de materia orgánica y arcillas de los suelos de la Comarca La Plana de Requena-Utiel (Valencia) *Ana. Edafol. Agrobiol.* 1112:1503-1524.
4. Beamonnte, E., Bermúdez, J., Casino, A., Veres, E. (2007). A statistical study of the quality of surface water intended for human consumption near Valencia (Spain). *J. Statistical Spanish*, 46:, 189-204.
5. Cavallaro, N., B. McBride M. (1980): Activities of Cu and Cd in solution as affected by pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44:729-732.
6. Centro Nacional del Medio Ambiente, CENMA (2010). Análisis de la composición físicoquímica de los sedimentos fluviales y su relación con la disponibilidad de metales en agua. Cuenca del río Choapa.
7. Copaja, S, V., Díaz, G., Toro, R., Tessada, R., Miranda, P., & Morales, J. (2012). Determination of mining activity of river sediments of three Chilean basins by particle induced X-Ray emission (PIXE) *J. of the Chil. Chem. Soc.*, 57, 1199, Santiago, Chile.
8. Copaja, S, V., Molina, X., & Tessada, R (2014). Determination of heavy metals in Choapa river sediment using BCR sequential extraction procedure *J. of the Chil Chem. Soc.*, 59. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
9. De Oliveira, E., Ferreria, E., Camacho, M. (2018). Boron-zinc interaction in the absorption of micronutrients by cotton. Universidad de San Pablo, Brazil. *Agronomía Colombiana*, 36, 51-57.
10. Dillon WR, Goldstein M (1984). Multivariate analysis methods and application. *Annals of Mathematical Statistics*, 11, 44-427.
11. Dirección General de Agua, DGA (2004). Diagnóstico y clasificación de los cursos y cuerpos de agua según objetivos de calidad, Cuenca del río Choapa.
12. Fernandez, M., Calabuig, L (2007). Análisis de correlaciones canónicas aplicado al estudio de relación entre la composición físico-química del agua y suelo aluvial

en el río Bernesga (León). Depto. De Ecología, Facultad de Biología, Universidad de León, España.

13. García-Díaz, J.C., F.Méndez-Romero (2003). Aplicación del análisis multivariante al estudio del comportamiento de suelos de cultivo regados con aguas residuales urbanas no depuradas. Congreso Nacional de Estadística e Investigación Operativa, 2003. Universidad Politécnica de Valencia, Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad. Valencia, España.
14. Ginés, I., Mariscal-Sancho, I. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo.
15. Gónzales, E., Retamal, M., Medina, V., Ahumada, R., Hinojosa, J. (2009). Enriquecimiento, disponibilidad y contaminación de metales traza (Cd, Cu, Pb y Zn) en sedimentos de lagunas urbanas de Concepción-Chile. Depto. De Química Ambiental, Facultad de Ciencias, UC de la Santísima Concepción, Concepción, Chile.
16. González, A. (2018). Determinación estadística de la influencia de los parámetros del control de calidad del agua potable de los municipios de Floridablanca, Girón y Bucaramanga.
17. http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Ecosistemas/Humedales/Red_Control_%20Zonas_Humedas_Andalucia/Informe_General/Analisis_Estadisticos.pdf. VISTO:12/12/19
18. Sociedad Pública de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco dIHOBE (1998): Valores indicativos de evaluación. En Investigación de la Contaminación del Suelo. Dpto. Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente, Gobierno Vasco. Espuma. 272 p.
19. Khaledian, Y., Soheila, E., Usha, N., Nabee, B., Behroz, B., Hamed, B., Mojtaba, Z., (2018). Assessment of wáter quality using multivariate statistical análisis in the gharaso river, northeren Iran.. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74494-0_18
20. López, M., Palací, D. (2014). Estudio multivariante de la calidad del agua: Aplicación al río Júcar en el período 1990-2013. Universidad politécnica de Valencia. Revista Electrónica de Medioambiente 2014, 51, 5-17. http://dx.doi.org/10.5209/rev_MARE.2014.v15.n1.45568
21. Lorbes, J., García, Y., Ohep, C & Pino, M. (2014). Discrimination of types of irrigation wáter quality by chemical atributes using a mulivariate technique. Univerisdad centrooccidental Lissando Alvarado. Revista mexicana de Ciencias Agrícolas, 5, 29-36.

22. Madera, L., Angelu, L., Díaz, L & Rojano, R. (2016). Evaluación de la calidad del agua en algunos puntos afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación. *SciELO, Inf.tecnol.* 2016, 27, 103-110.
23. Méndez, F., Gisbert, J., García, J., Marqués, A., (2003). Relación estadística entre metales pesados y propiedades de suelos de cultivo regados con aguas residuales no depuradas.
24. Niemeyer, H., Hoyas hidrográficas de Chile: Cuarta región. Dirección General de Aguas, DGA (1987). 1, 49-71.
25. Noori R, Sabahi M. S., Karbassi AR, Baghvand A, Taati Zadeh H (2010) Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination*. <https://doi.org/10.1016/j.desal.04.053>
26. Sadzawka, M.A., Carrasco, A., Grez, R., Mora, M., Flores, H., Neaman. A. (2006). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Serie Actas INIA N0 34.
27. Osorio, M., Rodríguez, N., Salamanca, G., (2017). Técnicas de análisis multivariado, modelamiento factorial múltiple y PLS-PATH para estudio y clasificación de tipos de mieles venezolanas de los estados de Lara y Yaracuy. *Ciencia en Desarrollo*, 2017. 8, 11-22,
28. Shrestha S, Kazama F (2007) Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of the Fuji river basin, Japan. *J Environ Modell Softw* 22:464–475
29. Valencia, J. (2007). Estudio estadístico de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del río Ebro (Madrid, España). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
30. Veas, A., Muñoz, V., Lobos, G., Portilla, A. (2017). Descripción de las características edafoclimáticas de los valles de Limarí y Choapa. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA (2017). 355, 13-26.
31. Vega, N., Pardo, R., Barrado, & Deban, L., (1998). Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Res*, 32, 12-27,

VI. ANEXOS

Anexo 1

- Análisis de componentes principales (ACP)

Esta técnica es un método matemático exploratorio que permitirá simplificar la complejidad de espacios muestrales que cuenta el conjunto de datos a estudiar, a la vez que conserva su información (James y col, 2002). Este método permitirá condensar la información aportada por estas múltiples variables en solo unas pocas componentes. El proceso de ACP servirá para identificar aquellas direcciones en las que la varianza de los datos es mayor, por lo tanto, se realizó un escalado o estandarización de todas las variables para que tenga media 0 y desviación estándar 1, para que aquellas variables cuya escala de medición sea mayor no influyeran ni dominen de manera directa al resto. Esta operación es fundamental para aplicar el análisis multivariado, ya que las variables originales pueden ser interpretadas geoméricamente en el nuevo espacio de variables desarrollado a través de la combinación lineal de las originales.

Una forma intuitiva de entender el proceso que se realizará consiste en interpretar las componentes principales desde un punto de vista geométrico. En la figura 3A, los datos se representan en el sistema de coordenadas X,Y. La reducción de dimensión se logra mediante la identificación de las direcciones principales, denominadas componentes principales, en las que los datos varían. El ACP asume que las direcciones con las varianzas más grandes son las más "importantes" (es decir, las principales). En la figura 3A, el eje CP1 es la primera dirección principal a lo largo de la cual las muestras muestran la variación más grande. El eje CP2 es la segunda dirección más importante y es ortogonal al eje CP1.

La dimensionalidad de nuestros datos bidimensionales se puede reducir a una sola dimensión proyectando cada muestra sobre el primer componente principal (Figura 3B). La condición de no correlación entre componentes principales equivale a decir que sus direcciones son ortogonales.

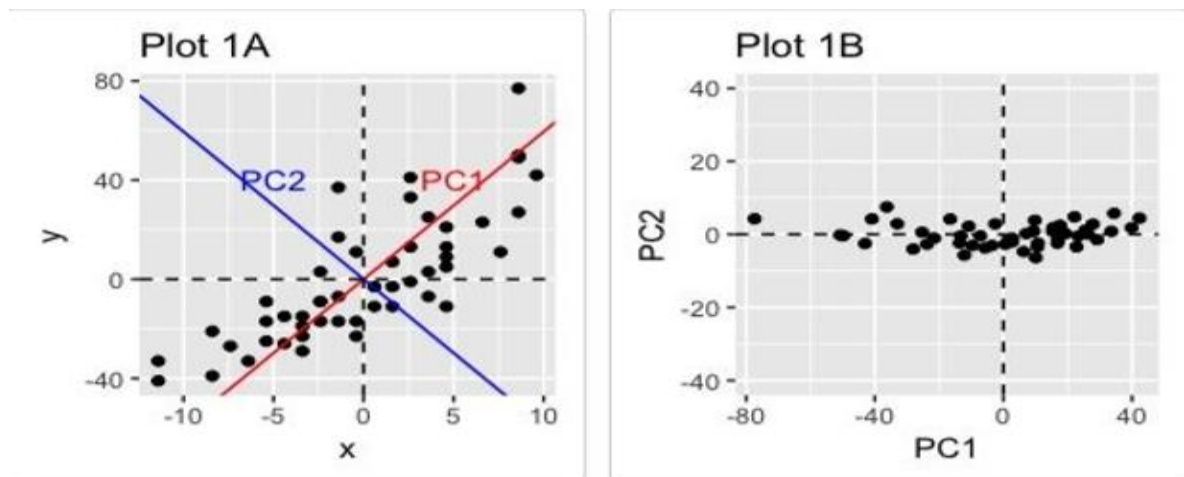


Figura 14: Reducción de dimensión de datos bidimensionales a una sola dimensión a través de la transformación lineal de las variables originales a las nuevas variables llamadas componentes principales.
Fuente: Principal Component Analysis, Rpubs, 2018.

- Conjunto de datos

En primera instancia se analizó el conjunto de datos recopilados durante 7 años de campaña. Se eliminaron aquellas filas que contenían valores nulos (NA) y se detectaron los outliers. Para que los valores atípicos no interfirieran en el ACP, se empleó la distancia Mahalanobis, medida de distancia que sirve para determinar la similitud de dos variables aleatorias multidimensionales en función de sus correlaciones. Este paso es fundamental, ya que el método ACP es sensible a los outliers que influyen directamente en la varianza del conjunto de datos.

Una vez generada la matriz de datos que se ocupó para el análisis (Anexo N°1) se estandarizaron los datos. Este proceso, llamado escalado de variables se realizó en función de estandarizar la media y desviación estándar a valores de 0 y 1 para todas las variables, respectivamente, para que la varianza total no esté influenciada únicamente por aquellas variables cuya escala sea mayor.

- Supuesto de multicolinealidad

Antes del ACP debe comprobarse si es necesario aplicarlo, es decir, si la colinealidad entre las variables es lo suficientemente grande como para justificar la factorización de la matriz de correlaciones. Esta comprobación puede hacerse mediante la prueba estadística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) (1950), que parte de la hipótesis nula de que la matriz de coeficientes de correlación no es significativamente distinta de la matriz identidad. El índice KMO compara la magnitud de los coeficientes de correlación observados con la magnitud de los coeficientes de correlación parcial. Este estadístico varía entre 0 y 1, y se pueden calificar de la siguiente forma:

Tabla 9: Variación del índice KMO

0,90 > KMO	Muy bueno
0,90 > KMO > 0,80	Bueno
0,80 > KMO > 0,70	Aceptable
0,70 > KMO > 0,60	Mediocre o regular
0,60 > KMO > 0,50	Malo
0,50 > KMO	Inaceptable o muy malo

Fuente: Zamora y Esnaola, 2015

Por lo tanto, si el índice KMO está próximo a 1, el ACP se puede hacer. Si el índice es bajo (próximo a 0), el ACP no será práctico ni relevante, ya que se necesitarían tantos componentes como variables para incluir un porcentaje de la información disponible. Esta prueba se realizó como punto de partida del tratamiento de datos.

- Matriz de correlación

Este primer modelo sirve para mostrar la interdependencia en relaciones asociadas o entre cada pareja de variables en un mismo periodo de tiempo y es fundamental para que el ACP construya la transformación lineal a partir de la matriz de correlaciones.

Para el empleo de esta matriz de correlación se tomó en cuenta el coeficiente de correlación r de Pearson, el cual mide la fuerza y dirección de una relación lineal entre dos variables independiente de la escala de medida de las variables. Las interpretaciones de los coeficientes descritos en las figuras se resumen en la tabla 5.

Tabla 10: Interpretación del coeficiente r de Pearson

Coeficiente r	Interpretación
-1	Perfecta correlación lineal inversa (negativa)
-0,7	Correlación negativa fuerte
-0,5	Correlación negativa moderada
-0,3	Correlación negativa débil
0	No existe correlación lineal
0,3	Correlación positiva débil
0,5	Correlación positiva moderada
0,7	Correlación positiva fuerte
1	Perfecta correlación lineal directa (positiva)

Fuente: Rpubs Linear regression, 2016.

Si bien el coeficiente de correlación de Pearson asume linealidad entre dos variables y por lo tanto considera que a $r=0$ no existe correlación lineal, esto significa que no pueda existir otro tipo de correlación no lineal que puede ser descrita mediante gráficas de dispersión de datos. Para efectos de este estudio, se asumió linealidad entre los pares de variables para la simplificación del análisis.

- **Outputs del ACP**
- **Varianza (Valores propios)**

En este apartado se describen gráficamente los valores propios que miden la cantidad de varianza retenida por cada componente. Los primeros componentes corresponden a las direcciones con la cantidad máxima de variación en el conjunto de datos. Si bien, no hay una manera objetiva y bien aceptada de decidir cuantos CP son suficientes, en general se suele analizar los primeros componentes para encontrar patrones interesantes. En este caso los valores propios fueron usados para determinar el número de componentes principales según el siguiente criterio (Kaiser, 1961).

- a. Un valor propio > 1 indica que los CP representan más varianza que la contabilizada por una de las variables originales en los datos estandarizados. Este será el punto de corte para la conservación de los CP.
- b. A su vez se pueden limitar el número de CP a un número que representa una fracción importante de la varianza total.

La importancia de esta elección radica en que los componentes principales al ser independientes uno de ellos (ortogonales) explican los errores del CP anterior, es decir, los CP elegidos representan los datos que presenta mayor dispersión y están sujetos a “cambios”.

- **Círculo de correlaciones (Coordenadas o loadings)**

El círculo de correlación de los dos primeros CP y los posteriores (dimensiones o ejes) presenta la totalidad de variables con sus proyecciones en el plano principal dentro del círculo de longitud unitaria. Este círculo presenta a las variables como puntos en el espacio de las nuevas variables creadas (CP). Tales puntos presentan coordenadas sobre cada eje que son los coeficientes de correlación de esta variable con cada CP en el espacio de variables. Ciertamente, si dos variables están cerca la una de la otra, sus proyecciones también lo estarán. No obstante, sólo si ambas variables están bien representadas, es decir,

sus proyecciones están cerca del círculo de correlación, se puede determinar que las variables están altamente correlacionadas. Es posible que las proyecciones de dos variables mal representadas estén próximas entre sí, pero no se puede inferir nada sobre su correlación. Un examen visual del círculo de correlación permite la detección de grupos si los puntos (variables) correspondientes son:

- Cercanas al círculo de correlación
- Cercanas la una de la otra

- **Calidad de la representación (\cos^2)**

La calidad global de la representación de una variable en el plano puede estimarse mediante un número: el cuadrado de la distancia de esta proyección al origen O. Debido a que la verdadera distancia de una variable al origen es siempre 1, esta cantidad es solo el cuadrado del coseno del ángulo entre la línea recta que va desde el origen hasta la proyección x' de la variable en el plano. Un alto \cos^2 indica una buena representación de la variable en el componente principal. En este caso las variables están posicionadas cerca de la circunferencia del círculo de correlación. Un bajo \cos^2 indica que la variable no está representada por los componentes principales, en este caso las variables están cerca del origen O. Para cada variable dada, la suma de los \cos^2 en todos los componentes principales es igual a 1. Si una variable está perfectamente representada por sólo 2 CP, la suma de \cos^2 es igual 1, posicionándose en el círculo de correlaciones. Las ilustraciones de la figura 4 y 5 muestran las variables altamente correlacionas y su calidad de representación en el círculo de correlación.

- **Contribuciones**

Las contribuciones de las variables que están mejor correlacionadas con los primeros componentes son las más importantes para explicar la variabilidad del conjunto de datos. Las variables que no se correlacionan con ninguna PC o se correlacionan con las últimas dimensiones son variables con baja contribución y pueden eliminarse para simplificar el análisis general. Mientras más alto el valor de la contribución, mayor es la contribución de la variable para el componente.

Anexo 2: Datos de los parámetros fisicoquímicos medidos estacionalmente en toda la cuenca del Choapa entre el año 2011 y 2018

	pH	CE	RAS	Nap	STD	Temp	Ca	Mg	K	Na	Dur	Cl	Sulf	NKj	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Al	As
1	8.82	220.00	2.84	67.40	110.00	10.00	14.70	2.130	0.700	44.10	45.60	9.170	63.000	1.680	0.1450	0.00500	0.07000	0.01100	0.00200	0.25900	0.01700
2	8.22	240.00	0.63	22.40	120.00	6.50	38.60	5.200	1.050	15.80	118.10	9.940	62.900	3.070	0.2240	0.00500	0.11300	0.01400	0.01000	0.16800	0.01100
3	8.19	130.00	1.28	47.50	60.00	10.30	14.90	2.640	0.940	20.50	48.20	20.900	27.600	0.100	0.1950	0.04100	2.10000	0.13000	0.04200	2.25000	0.01800
4	8.11	180.00	1.23	41.30	90.00	20.80	20.90	5.060	1.160	24.10	73.30	9.560	65.100	1.320	0.1520	0.01700	1.00000	0.14400	0.02200	0.96400	0.00600
5	7.41	240.00	1.97	51.10	120.00	11.40	30.10	2.460	1.320	41.90	85.48	14.700	58.700	4.210	0.2250	0.00700	0.20100	0.02500	0.00800	0.42300	0.01400
6	7.84	240.00	0.33	13.69	120.00	7.40	38.00	2.910	0.550	7.84	107.10	18.500	50.000	3.300	0.0800	0.00500	0.04700	0.01200	0.00200	0.23600	0.01000
7	8.03	175.00	0.70	28.29	80.00	8.60	24.90	3.380	1.310	14.10	76.31	6.690	38.500	1.940	0.1140	0.00500	0.75400	0.02700	0.00200	1.44000	0.01000
8	7.65	280.00	0.15	5.34	140.00	16.50	51.80	11.000	4.220	4.67	175.26	10.900	46.600	16.900	0.0720	0.10200	0.03000	0.09000	0.12000	24.40000	0.00100
9	6.70	286.00	0.50	16.76	220.00	7.40	44.10	8.650	3.540	13.90	146.23	13.200	17.000	1.590	0.7180	0.05200	16.30000	0.55900	0.18000	14.90000	0.03700
10	8.69	320.00	0.75	25.83	160.00	9.40	34.50	6.180	1.680	18.20	111.95	12.900	64.000	3.670	0.1970	0.00500	1.65000	0.06000	0.03600	1.83000	0.01500
11	7.79	140.00	0.56	20.15	70.00	12.40	25.40	10.200	6.560	13.20	105.93	6.000	31.000	1.680	0.1940	0.03900	28.80000	0.70300	0.33500	29.50000	0.01900
12	8.10	250.00	0.67	23.34	120.00	18.10	32.90	8.000	2.230	16.50	115.53	8.030	79.300	7.520	0.1640	0.02400	2.94000	0.09800	0.05300	3.74000	0.01700
13	7.23	170.00	0.64	21.29	80.00	10.60	45.00	6.320	1.260	17.40	138.79	12.300	75.300	4.280	0.4180	0.02000	0.35500	0.02500	0.05100	0.61700	0.01700
14	8.46	300.00	0.69	23.95	150.00	8.30	37.60	5.350	2.290	17.20	116.25	12.500	74.000	1.430	0.3660	0.00500	0.19300	0.01600	0.04200	0.38600	0.01600
15	7.54	210.00	0.45	20.40	100.00	11.80	24.10	3.690	0.613	8.99	75.60	6.110	46.500	2.550	0.2940	0.00500	3.09000	0.08400	0.04100	3.15000	0.01600
16	8.31	315.00	0.72	24.09	160.00	18.40	41.70	5.840	1.140	18.90	128.54	9.050	74.700	1.190	0.1140	0.00500	0.08900	0.01000	0.05000	0.18500	0.01400
17	8.32	340.00	0.64	19.75	170.00	9.10	54.60	7.070	1.310	18.90	165.91	30.000	73.000	2.940	0.3090	0.01100	0.27300	0.03400	0.02700	0.47800	0.01600
18	7.89	270.00	0.47	17.55	176.00	7.60	39.00	5.840	0.974	12.00	121.79	8.800	61.400	3.110	0.1120	0.00600	0.61200	0.11400	0.05600	1.30000	0.01100
19	8.10	150.00	1.03	42.72	70.00	10.50	18.50	0.200	0.200	16.20	47.08	3.720	22.300	2.570	0.6140	0.46100	22.50000	0.54800	0.30900	19.40000	0.01900
20	7.85	220.00	0.37	15.71	110.00	14.60	25.00	8.790	1.300	8.59	99.06	6.230	46.900	1.180	0.2590	0.03300	10.60000	0.45900	0.03900	8.09000	0.02100
21	6.89	200.00	0.41	20.24	100.00	11.40	18.90	3.140	2.000	7.31	60.31	2.700	38.300	1.000	0.1210	0.00517	0.59000	0.05310	0.00700	0.86700	0.0108
22	8.40	107.70	0.46	19.86	54.00	11.10	21.90	5.890	3.230	9.46	79.30	1.640	15.200	1.660	0.0680	0.02000	11.30000	0.43850	0.05900	13.20000	0.0143
23	7.53	239.00	0.50	20.10	122.00	17.50	29.90	5.830	2.000	8.45	99.00	2.700	42.100	0.900	0.1110	0.00931	0.53100	0.06430	0.02200	0.81000	0.0100
24	8.06	225.00	0.56	21.70	112.50	9.00	31.05	5.220	1.041	12.81	99.34	6.050	52.700	0.710	0.1550	0.01100	1.66800	0.09500	0.01100	2.12800	0.0120
25	8.33	268.00	0.47	19.00	134.00	6.50	33.71	4.200	0.200	11.04	101.70	7.450	50.900	0.010	0.0976	0.00750	0.23000	0.04330	0.00860	0.40200	0.0143
26	7.80	173.90	0.35	17.10	86.90	10.90	20.79	4.130	0.772	6.61	69.15	8.000	35.000	0.810	0.0620	0.02100	2.28500	0.16300	0.01600	2.17300	0.0100
27	8.10	266.00	0.52	20.00	133.00	14.40	35.02	4.770	0.240	12.33	107.39	10.500	64.200	0.063	0.1287	0.00655	0.21000	0.04605	0.00400	0.37800	0.0160
28	8.00	366.20	0.51	19.40	183.00	7.80	34.11	5.810	1.490	12.25	109.44	11.300	65.300	0.054	0.1690	0.00575	0.32000	0.03330	0.00815	0.51000	0.0180
29	8.05	278.00	0.57	21.30	153.00	5.80	35.70	4.900	0.779	13.70	109.63	9.880	54.470	0.033	0.1860	0.00430	0.33000	0.04010	0.00290	0.31900	0.0170
30	7.90	188.00	0.40	16.50	103.00	12.70	30.10	6.200	0.831	9.23	101.04	3.751	33.340	0.034	0.0210	0.00950	1.73000	0.19000	0.01500	1.35000	0.0121
31	8.20	80.00	0.37	22.30	30.00	6.10	12.10	1.560	0.730	5.15	36.73	1.310	9.800	1.680	0.1450	0.00500	0.07000	0.01100	0.00200	0.25900	0.0170
32	8.01	80.00	0.68	29.20	40.00	6.90	20.80	3.110	1.230	12.60	64.93	1.110	9.800	3.070	0.2240	0.00500	0.11300	0.01400	0.01000	0.16800	0.0110
33	7.87	70.00	1.03	48.78	30.00	8.50	8.65	1.490	0.660	12.50	27.82	2.350	9.000	0.100	0.1950	0.04100	2.10000	0.13000	0.04200	2.25000	0.0180
34	7.81	80.00	0.94	46.50	40.00	13.10	10.50	0.441	0.590	11.50	28.08	1.870	11.900	1.320	0.1520	0.01700	1.00000	0.14400	0.02200	0.96400	0.0060
35	7.80	80.00	0.95	43.90	40.00	6.00	10.20	2.130	1.060	12.80	34.36	2.580	12.900	4.210	0.2250	0.00700	0.20100	0.02500	0.00800	0.42300	0.0140
36	7.58	90.00	0.75	38.70	40.00	5.70	9.43	2.330	1.070	10.00	33.26	3.000	8.000	3.300	0.0800	0.00500	0.04700	0.01200	0.00200	0.23600	0.0100
37	8.40	80.00	0.42	23.25	40.00	12.90	15.70	1.940	0.730	6.70	47.32	0.500	7.400	1.940	0.1140	0.00500	0.75400	0.02700	0.00200	1.44000	0.0100
38	8.06	90.00	0.58	29.14	40.00	13.60	13.60	2.450	2.100	8.83	44.19	2.110	12.300	16.900	0.0720	0.10200	0.03000	0.09000	0.12000	24.40000	0.0010

39	8.46	110.00	0.62	30.77	60.00	9.00	14.00	2.820	1.030	9.78	46.73	5.380	11.000	1.590	0.7180	0.05200	16.30000	0.55900	0.18000	14.90000	0.03700
40	7.93	100.00	0.47	24.50	50.00	6.90	16.10	2.580	1.100	7.80	50.98	3.480	7.000	3.670	0.1970	0.00500	1.65000	0.06000	0.03600	1.83000	0.01500
41	7.58	70.00	0.39	22.79	30.00	10.50	14.50	1.670	0.670	5.96	43.19	4.000	11.000	1.680	0.1940	0.03900	28.80000	0.70300	0.33500	29.50000	0.01900
42	7.55	80.00	0.38	19.65	40.00	14.30	13.30	5.680	2.010	6.65	56.87	1.170	10.300	7.520	0.1640	0.02400	2.94000	0.09800	0.05300	3.74000	0.01700
43	7.65	60.00	0.44	24.23	30.00	6.90	15.20	1.730	0.724	6.76	45.19	5.000	2.500	4.280	0.4180	0.02000	0.35500	0.02500	0.05100	0.61700	0.01700
44	7.12	90.00	0.64	31.87	50.00	8.80	15.20	1.700	0.603	9.83	45.07	3.000	12.000	1.430	0.3660	0.00500	0.19300	0.01600	0.04200	0.38600	0.01600
45	7.94	110.00	0.38	22.46	50.00	12.60	14.30	1.510	0.347	5.64	42.03	0.990	11.100	2.550	0.2940	0.00500	3.09000	0.08400	0.04100	3.15000	0.01600
46	7.20	100.00	0.43	25.39	50.00	14.30	13.10	1.530	0.296	6.16	39.11	1.160	10.600	1.190	0.1140	0.00500	0.08900	0.01000	0.05000	0.18500	0.01400
47	7.25	90.00	0.32	20.35	40.00	7.60	12.80	1.590	0.402	4.58	38.61	4.500	8.000	2.940	0.3090	0.01100	0.27300	0.03400	0.02700	0.47800	0.01600
48	7.68	100.00	0.50	26.27	78.00	5.30	15.10	2.500	0.720	8.01	48.15	1.910	15.300	3.110	0.1120	0.00600	0.61200	0.11400	0.05600	1.30000	0.01100
49	7.91	100.00	1.01	45.31	50.00	8.78	10.90	2.110	0.479	13.90	36.02	2.270	15.100	2.570	0.6140	0.46100	22.50000	0.54800	0.30900	19.40000	0.01900
50	7.90	80.00	0.50	28.24	40.00	12.90	12.10	1.930	0.781	7.08	38.27	2.840	7.400	1.180	0.2590	0.03300	10.60000	0.45900	0.03900	8.09000	0.02100
51	7.81	100.00	0.28	16.90	40.00	6.40	14.80	1.450	2.000	4.25	43.03	2.700	8.230	1.000	0.1210	0.00517	0.59000	0.05310	0.00700	0.86700	0.01084
52	7.70	92.00	0.31	18.28	46.00	10.40	13.10	1.410	3.350	4.40	38.60	0.730	7.760	1.660	0.0680	0.02000	11.30000	0.43850	0.05900	13.20000	0.01437
53	7.67	101.00	0.17	11.32	46.00	11.20	13.60	1.480	2.000	2.50	40.15	2.700	7.000	0.900	0.1110	0.00931	0.53100	0.06430	0.02200	0.81000	0.01003
54	7.39	97.40	0.35	21.67	48.78	5.20	13.11	1.550	0.458	5.05	32.77	0.101	10.800	0.710	0.1550	0.01100	1.66800	0.09500	0.01100	2.12800	0.01200
55	7.84	112.40	0.33	20.16	56.19	4.70	14.80	1.570	0.240	5.08	43.80	0.101	12.000	0.010	0.0976	0.00750	0.23000	0.04330	0.00860	0.40200	0.01430
56	7.30	105.00	0.35	21.80	52.49	9.80	12.83	1.550	0.252	4.96	38.52	8.000	11.000	0.810	0.0620	0.02100	2.28500	0.16300	0.01600	2.17300	0.01000
57	7.80	88.75	0.35	20.70	44.48	11.20	14.28	1.480	0.050	5.18	41.86	1.390	9.280	0.063	0.1287	0.00655	0.21000	0.04605	0.00400	0.37800	0.01605
58	7.60	111.50	0.33	20.50	58.31	8.00	13.75	1.350	0.390	4.78	39.99	4.370	13.200	0.054	0.1690	0.00575	0.32000	0.03330	0.00815	0.51000	0.01805
59	7.88	117.00	0.35	19.70	64.00	4.42	16.60	1.700	0.482	5.52	48.57	0.101	11.470	0.033	0.1860	0.00430	0.33000	0.04010	0.00290	0.31900	0.01700
60	7.80	112.00	0.37	21.40	61.00	13.25	15.60	1.600	0.281	5.72	45.65	1.132	11.944	0.034	0.0210	0.00950	1.73000	0.19000	0.01500	1.35000	0.01215
61	8.37	360.00	2.55	57.53	170.00	8.40	33.10	1.080	0.865	54.90	87.20	14.800	127.000	2.200	0.1160	0.05900	0.05000	0.05000	0.00200	0.17300	0.00500
62	8.48	340.00	0.40	13.33	170.00	8.80	57.40	5.980	1.480	12.00	168.37	20.100	125.000	2.650	0.1580	0.13800	0.05000	0.05000	0.01700	0.19000	0.00400
63	8.11	210.00	0.94	31.97	100.00	12.70	34.60	3.260	0.884	21.80	100.06	14.500	83.600	1.950	0.1390	0.41400	0.05000	0.05000	0.03700	0.30500	0.00300
64	8.03	330.00	0.37	12.40	160.00	17.00	60.80	5.280	1.330	11.40	173.96	16.200	122.000	9.460	0.1720	1.61000	0.10400	0.10400	0.06300	0.15800	0.00200
65	8.00	320.00	1.55	45.53	160.00	7.10	23.20	6.070	1.530	32.60	83.25	15.000	115.000	7.060	0.2290	0.12900	0.04500	0.04500	0.03400	0.11000	0.00600
66	7.24	360.00	0.91	24.59	180.00	9.40	58.90	9.770	3.280	28.70	187.89	19.400	129.000	2.170	0.0800	0.25800	0.04300	0.04300	0.03600	0.29400	0.00400
67	8.27	380.00	0.54	17.07	180.00	20.80	59.20	5.480	2.320	16.40	170.79	12.300	144.000	3.320	0.1790	0.09800	0.04600	0.04600	0.02500	0.15100	0.00500
68	8.60	420.00	0.50	15.39	210.00	18.10	63.30	6.500	2.330	15.70	185.29	17.500	156.000	0.100	0.0970	0.43300	0.30600	0.30600	0.13300	0.14800	0.00800
69	8.16	340.00	0.60	17.75	180.00	13.10	65.50	7.640	1.290	19.50	195.53	17.600	101.000	1.290	0.3360	0.05200	0.04400	0.04400	0.03500	0.46000	0.00400
70	7.70	350.00	0.52	17.67	170.00	11.00	48.10	6.080	1.430	14.50	145.54	13.400	88.000	2.170	0.1750	0.26700	0.02700	0.02700	0.02000	0.20300	0.00400
71	7.71	270.00	0.39	13.60	130.00	17.70	52.90	5.990	1.220	11.50	157.16	10.500	96.000	1.850	0.1370	0.22000	0.02200	0.02200	0.07700	0.34300	0.00600
72	8.23	250.00	0.45	16.53	120.00	20.20	43.00	5.060	1.180	11.80	128.54	12.300	40.500	1.650	0.1040	0.11200	0.00500	0.00500	0.07500	0.15600	0.00700
73	7.44	250.00	0.51	17.15	120.00	10.30	49.60	5.770	1.290	14.20	148.00	11.300	89.700	4.720	0.2890	0.16500	0.01300	0.01300	0.09500	0.15100	0.00600
74	7.99	370.00	0.42	14.19	180.00	11.80	54.60	6.570	0.882	12.50	163.83	15.000	91.000	3.050	0.1710	0.44300	0.02500	0.02500	0.09700	0.25500	0.00500
75	8.38	360.00	0.32	11.95	180.00	17.80	46.30	5.440	0.728	8.67	138.38	11.600	99.200	2.460	0.1860	0.05700	0.00400	0.00400	0.01000	0.11100	0.00500
76	8.42	340.00	0.43	14.82	170.00	20.40	52.90	5.580	1.030	12.50	155.46	9.010	96.000	6.830	0.2700	0.04600	0.00600	0.00600	0.05600	0.02300	0.00400
77	8.86	360.00	0.28	9.83	180.00	12.20	57.90	7.380	0.790	8.81	175.45	15.500	88.000	1.630	0.0660	0.24400	0.03900	0.03900	0.06100	0.23200	0.00400
78	8.86	500.00	0.34	9.56	324.00	13.50	84.20	11.000	1.290	12.50	256.26	44.500	108.000	2.660	0.1100	0.20800	0.03400	0.03400	0.04500	0.26700	0.00200
79	7.96	230.00	0.38	14.61	120.00	10.70	43.20	4.270	1.350	10.00	125.76	10.600	70.700	1.630	0.2580	0.42000	0.08400	0.08400	0.02100	0.59100	0.00500
80	8.03	240.00	0.83	28.04	120.00	13.10	38.40	4.230	0.927	20.50	113.59	8.220	65.900	2.150	0.3630	0.06000	0.36700	0.36700	0.20500	0.67100	0.00400
81	7.16	270.00	0.30	13.88	130.00	10.50	29.80	3.040	2.000	6.63	87.14	2.700	60.100	1.800	0.0695	0.22590	0.03387	0.03387	0.00800	0.18450	0.00440
82	8.30	223.00	0.31	13.59	111.00	14.80	33.80	3.390	1.110	7.21	98.60	5.050	59.100	1.280	0.0670	0.30700	0.05210	0.05210	0.02300	0.28700	0.00495
83	8.20	301.00	0.31	12.33	121.00	12.10	39.50	3.940	2.000	7.59	115.14	5.240	72.400	0.690	0.1160	0.18800	0.04870	0.04870	0.00500	0.03400	0.00508
84	7.74	266.00	0.44	16.74	128.80	9.70	40.09	4.380	0.706	10.99	118.44	8.500	77.100	0.570	0.0650	0.25500	0.06300	0.06300	0.01600	0.17100	0.01000
85	8.41	3(266.00)	0.40	15.88	152.60	10.40	38.04	4.480	0.770	9.93	113.74	8.830	66.100	0.061	0.0438	0.10000	0.04095	0.04095	0.00925	0.05650	0.00545
86	7.80	328.30	0.37	14.40	164.10	15.00	40.99	4.160	0.876	9.29	119.78	11.000	83.000	0.230	0.0970	0.49500	0.09700	0.09700	0.04600	0.31000	0.01000
87	8.10	246.80	0.39	14.60	120.40	15.60	43.04	4.380	1.080	9.99	125.82	5.890	65.200	0.046	0.0569	0.10000	0.03330	0.03330	0.01320	0.04845	0.00486
88	7.90	330.10	0.37	14.80	165.30	7.20	38.79	3.900	0.940	9.08	113.20	8.150	71.900	0.041	0.0779	0.09000	0.04770	0.04770	0.03060	0.05350	0.00372
89	7.99	305.00	0.38	14.60	170.00	10.23	41.80	4.500	0.947	9.77	123.22	7.900	71.700	0.014	0.0620	0.11000	0.02640	0.02640	0.02080	0.04590	0.00387
90	7.90	316.00	0.44	14.60	196.00	18.70	55.10	5.800	1.070	12.83	161.87	8.714	91.620	0.010	0.0210	0.11000	0.05200	0.05200	0.02810	0.08000	0.00371
91	8.13	280.00	3.32	69.34	130.00	8.80	17.30	2.360	0.453	5											

99	8.15	410.00	0.86	25.09	200.00	12.50	31.40	16.800	7.030	24.10	148.38	14.700	74.000	1.190	0.4770	0.05200	0.22200	0.75900	0.04300	5.64000	0.004
100	8.08	330.00	0.79	25.87	160.00	11.00	40.00	6.590	1.600	20.70	127.41	15.400	63.000	2.730	0.2990	0.01500	1.59000	0.05400	0.01000	1.84000	0.012
101	8.04	140.00	0.41	12.15	70.00	11.30	45.10	20.800	9.840	13.40	199.27	6.000	31.000	1.550	0.3400	0.07900	65.10000	1.71000	0.37900	50.10000	0.041
102	8.21	270.00	0.88	26.43	130.00	17.90	46.90	7.410	2.050	24.80	148.07	10.300	76.400	3.170	0.2110	0.01300	0.99500	0.05700	0.03900	1.66000	0.014
103	7.56	280.00	0.65	21.85	140.00	11.70	44.10	6.110	1.330	17.60	135.66	14.800	76.100	3.690	0.4710	0.02200	0.35500	0.02300	0.07500	0.64100	0.018
104	7.61	330.00	0.77	24.50	160.00	13.90	41.50	6.060	4.870	20.10	128.95	15.000	60.000	2.830	0.2900	0.03100	4.36000	0.20500	0.14900	7.16000	0.020
105	8.21	270.00	0.49	19.47	130.00	12.70	32.70	4.770	1.030	11.40	101.59	9.290	47.300	2.520	0.1630	0.00900	1.58000	0.04800	0.02000	2.17000	0.010
106	8.52	340.00	0.63	23.14	170.00	25.20	35.70	5.100	0.930	15.40	110.46	12.900	76.000	2.250	0.5640	0.00700	0.67600	0.03500	0.07900	0.63000	0.015
107	8.30	350.00	0.82	26.32	170.00	6.50	44.30	5.090	0.971	21.80	131.92	15.000	72.000	2.090	0.2020	0.00500	0.16100	0.01800	0.02200	0.26100	0.014
108	7.93	280.00	0.94	30.46	180.00	11.40	31.80	6.790	3.450	22.50	107.74	10.700	59.700	1.580	0.2190	0.02300	6.12000	0.20700	0.05900	6.94000	0.010
109	7.90	150.00	1.18	44.33	70.00	11.66	16.20	1.540	3.370	18.70	46.90	4.000	22.700	3.720	0.4170	0.15000	27.40000	0.65500	0.15300	22.60000	0.017
110	7.87	240.00	0.35	14.84	120.00	18.80	35.30	4.080	0.518	8.46	105.22	9.060	40.300	1.080	0.1290	0.00500	0.00200	0.00100	0.00200	0.01000	0.009
111	7.60	210.00	0.42	17.93	100.00	9.70	29.10	4.350	2.000	9.35	90.80	5.010	39.900	1.200	0.1112	0.01111	0.67880	0.05530	0.03800	0.91360	0.009
112	7.10	159.00	0.44	19.90	80.00	11.40	23.50	4.240	1.540	8.92	76.40	3.230	25.400	0.490	0.0790	0.01000	1.32000	0.08140	0.00900	1.78000	0.007
113	7.50	233.00	0.00	0.00	85.00	17.30	32.50	6.800	2.000	11.40	109.53	2.700	42.000	0.490	0.1020	0.01804	2.31000	0.12750	0.03100	3.34000	0.010
114	7.80	197.70	0.51	19.70	98.75	6.80	34.12	5.250	1.150	12.18	107.17	6.740	57.200	0.890	0.1260	0.02800	2.38000	0.13000	0.01700	2.70000	0.011
115	8.03	295.90	0.57	22.20	147.90	7.60	31.55	4.650	0.570	12.91	100.27	9.970	50.500	0.023	0.1153	0.01155	0.36000	0.04740	0.01115	0.59000	0.015
116	7.70	195.20	0.37	16.70	97.30	16.10	24.39	5.560	1.280	78.64	86.55	8.000	36.000	0.230	0.0540	0.02200	6.54000	0.28100	0.02400	5.00000	0.010
117	8.00	306.00	0.56	20.60	154.00	22.00	37.97	5.110	0.130	13.84	118.43	11.600	62.600	0.077	0.1181	0.00565	0.32000	0.05100	0.00615	0.41200	0.014
118	8.28	384.60	0.50	18.80	192.30	9.80	34.98	5.960	1.820	12.12	114.86	12.600	58.500	0.060	0.1344	0.01695	0.30000	0.03815	0.00880	0.57500	0.013
119	8.13	300.00	0.60	21.80	153.00	11.50	37.50	5.100	1.000	14.82	117.21	12.031	50.106	0.016	0.1690	0.00440	0.25000	0.03760	0.00560	0.44400	0.015
120	8.00	198.00	0.38	16.10	113.00	18.70	28.70	6.200	0.887	8.70	100.27	4.467	32.745	0.010	0.0210	0.01160	2.01000	0.26500	0.01490	1.60000	0.010
121	7.85	220.00	1.63	45.26	110.00	11.10	26.50	6.110	2.290	35.80	91.66	18.300	71.700	1.340	0.2280	0.00500	0.06700	0.00200	0.00200	0.33900	0.005
122	7.94	250.00	0.67	19.86	120.00	12.20	56.90	9.240	2.000	20.80	180.68	19.400	61.100	3.120	0.3250	0.00600	0.46900	0.02800	0.01700	0.79300	0.008
123	7.83	210.00	1.07	35.94	100.00	13.70	27.50	4.750	1.090	23.10	88.51	17.000	40.400	2.370	0.1380	0.01400	1.46000	0.05300	0.03300	1.36000	0.001
124	8.15	310.00	0.78	23.37	150.00	21.80	45.70	10.300	3.160	22.50	157.09	16.500	69.200	1.740	0.3420	0.02100	0.87000	0.05400	0.00200	0.55200	0.006
125	7.58	335.00	1.28	37.39	140.00	13.00	27.50	9.080	3.700	30.40	106.52	13.500	48.300	7.470	0.7270	0.00500	2.32000	0.06300	0.01300	2.89000	0.010
126	7.70	350.00	0.74	21.22	180.00	14.50	51.80	13.300	2.000	23.10	184.82	15.800	65.000	1.560	0.1820	0.00500	0.10200	0.00900	0.00400	0.10100	0.007
127	7.60	290.00	0.75	24.60	140.00	21.80	40.20	6.880	1.570	19.60	129.12	15.200	54.200	1.770	0.1610	0.00500	0.18200	0.01500	0.00200	0.35400	0.007
128	7.59	370.00	0.34	10.35	180.00	22.90	78.90	2.690	2.330	11.20	208.44	14.000	63.200	0.880	0.1560	0.00500	0.00200	0.00800	0.00900	0.01000	0.006
129	7.61	370.00	0.61	18.29	180.00	13.50	55.00	11.600	0.436	19.10	185.75	18.000	59.000	2.300	0.1720	0.02700	10.30000	0.34700	0.04800	10.00000	0.010
130	7.83	440.00	0.67	19.31	220.00	12.40	62.00	9.890	2.170	21.80	196.14	16.400	73.000	2.530	0.2750	0.01700	0.21100	0.05400	0.32500	0.56600	0.007
131	7.89	180.00	0.35	13.46	90.00	13.60	26.70	11.400	6.770	8.74	114.17	8.000	33.000	4.080	0.3350	0.06000	36.30000	0.85400	0.15600	31.00000	0.021
132	7.66	660.00	0.59	17.69	330.00	18.90	51.10	10.900	6.880	17.90	173.09	16.100	78.400	1.440	0.3250	0.03100	14.70000	0.50100	0.07600	17.60000	0.016
133	6.86	590.00	0.76	20.26	290.00	12.40	70.30	11.300	2.530	26.30	222.75	32.000	74.100	1.800	0.4200	0.01000	0.89700	0.04200	0.08100	1.24000	0.010
134	7.20	420.00	0.51	15.33	210.00	16.50	57.70	11.600	2.230	16.20	192.50	22.500	69.000	5.850	0.2320	0.00500	0.29600	0.02500	0.07600	0.44900	0.010
135	7.71	310.00	0.57	19.86	150.00	18.70	41.30	6.580	1.150	15.00	130.62	16.100	61.600	2.800	0.1510	0.00500	1.46000	0.04600	0.00700	2.17000	0.008
136	7.43	470.00	0.57	16.68	230.00	23.10	66.30	8.420	1.540	18.60	200.77	25.300	81.900	2.970	0.2190	0.00500	0.22500	0.01400	0.07600	0.08900	0.003
137	7.69	410.00	0.86	25.72	200.00	11.70	49.80	7.120	1.230	24.70	154.11	27.500	70.000	1.830	0.1780	0.00500	0.17400	0.01900	0.07800	0.24300	0.009
138	7.41	510.00	0.75	19.51	250.00	15.70	73.90	12.300	2.200	26.50	235.91	32.800	88.700	2.100	0.1710	0.00500	0.18500	0.04000	0.05100	0.19300	0.002
139	7.70	190.00	0.52	21.58	90.00	14.10	18.70	8.560	3.330	10.90	82.35	5.790	28.900	3.590	0.1590	0.04400	21.10000	0.51100	0.05800	19.30000	0.006
140	7.63	290.00	1.03	33.06	140.00	19.80	33.60	5.300	1.060	24.30	106.04	11.600	52.700	1.520	0.1500	0.02400	0.54700	0.04600	0.03400	0.55900	0.008
141	6.44	260.00	0.49	18.94	130.00	13.00	33.80	5.570	2.000	11.80	107.67	11.500	43.400	0.800	0.1640	0.02841	1.42000	0.08940	0.01800	1.86000	0.009
142	7.10	178.00	0.48	19.79	89.00	13.40	27.00	5.310	2.590	10.50	89.60	4.450	27.800	0.560	0.0850	0.01000	2.40000	0.12220	0.01000	3.55000	0.008
143	7.77	310.00	0.39	14.79	115.00	18.50	37.90	6.850	2.000	10.00	123.24	2.700	50.000	0.560	0.1270	0.00775	0.53400	0.04250	0.03200	0.83700	0.008
144	7.85	276.00	0.56	20.42	145.40	9.70	37.06	6.370	1.380	14.21	119.15	10.500	56.000	0.900	0.1410	0.02000	3.25000	0.14600	0.02300	3.53100	0.014
145	7.74	330.40	0.58	21.90	165.20	12.30	34.41	5.650	0.430	14.14	109.53	12.800	53.700	0.000	0.1035	0.00985	0.29000	0.04825	0.00760	0.50500	0.010
146	7.70	214.60	0.49	20.10	107.00	15.00	28.77	5.320	0.949	10.98	94.05	9.000	26.000	0.740	0.1060	0.01400	1.03000	0.07800	0.00800	1.18800	0.010
147	8.00	359.30	0.57	18.30	179.40	23.10	50.53	7.570	1.650	16.37	157.32	14.000	55.100	0.055	0.1160	0.00940	1.44000	0.16400	0.01345	2.03500	0.013
148	8.07	520.80	0.69	22.00	261.00	8.80	48.35	6.940	1.070	19.49	149.74	23.700	73.400	0.064	0.1561	0.00209	0.07000	0.00715	0.00343	0.08200	0.010
149	8.24	456.00	0.74	21.80	227.00	14.30	55.10	9.100	1.370	22.60	175.60	28.166	66.782	0.043	0.1230	0.00200	0.19000	0.00650	0.00198	0.06650	0.005
150	8.10	263.00	0.50	19.30	153.00	17.30	34.80	5.400	0.790	12.08	109.46	8.600	40.400	0.032	0.0320	0.00590	0.46000	0.10000	0.01060	0.64900	0.009
151	8.22	240.00	1.87	48.36																	

159	7.95	410.00	0.640	19.01	200.00	10.50	55.20	11.10	2.940	20.20	184.17	24.500	74.000	1.230	0.4010	0.01100	0.47800	0.10300	0.02800	2.67000	0.007
160	8.51	630.00	0.670	18.99	310.00	12.60	66.30	9.24	1.960	22.20	204.18	17.900	69.000	2.570	0.2290	0.01300	0.61000	0.06700	0.27400	0.68600	0.005
161	7.80	220.00	0.340	12.96	100.00	18.40	27.90	11.30	6.430	8.51	116.75	8.000	34.000	4.240	0.3380	0.05000	34.70000	0.80800	0.12400	29.60000	0.020
162	8.11	340.00	0.870	26.34	170.00	25.00	39.50	8.95	5.400	23.40	135.98	16.400	78.200	1.290	0.0810	0.02700	10.70000	0.45100	0.06500	14.20000	0.015
163	7.59	430.00	0.760	19.07	210.00	12.10	80.90	13.00	3.070	28.10	256.33	29.600	77.400	1.900	0.5630	0.00500	0.16200	0.03300	0.06100	0.25900	0.008
164	7.55	470.00	0.770	21.11	230.00	15.30	66.50	8.92	1.730	25.20	203.35	22.500	72.000	3.470	0.1910	0.00500	0.13100	0.00100	0.07800	0.21900	0.006
165	8.53	330.00	0.400	15.02	160.00	17.90	40.60	6.47	1.010	10.50	128.41	18.600	62.800	3.060	0.2410	0.00500	0.42000	0.06200	0.00200	0.61300	0.005
166	8.36	470.00	0.790	21.54	230.00	27.17.90	60.40	13.90	1.560	26.50	208.82	23.300	84.600	20.900	0.0660	0.00500	0.03600	0.01200	0.07100	0.01500	0.002
167	8.25	430.00	0.680	19.67	210.00	10.60	60.30	9.40	1.370	21.50	189.85	25.200	74.000	3.490	0.2600	0.00500	0.10300	0.01800	0.04200	0.17900	0.010
168	7.70	360.00	0.510	17.70	236.00	16.00	39.70	8.88	2.260	13.70	136.19	15.400	63.200	1.660	0.1740	0.02700	6.52000	0.21100	0.07200	7.71000	0.007
169	7.82	230.00	0.440	17.36	140.00	15.50	28.00	8.36	3.490	10.50	104.77	5.910	28.800	2.190	0.1470	0.03400	27.20000	0.62300	0.08000	23.90000	0.016
170	8.00	170.00	0.920	29.38	80.00	22.80	39.00	5.88	1.050	23.50	121.96	13.100	56.800	1.290	1.5700	0.03100	0.00200	0.02100	0.02900	0.01500	0.005
171	7.93	210.00	0.460	17.87	100.00	9.60	34.90	5.66	2.000	11.30	110.79	7.510	44.500	2.200	0.1130	0.00357	0.44500	0.05020	0.00500	0.63000	0.008
172	7.90	187.00	0.480	19.61	94.00	16.50	27.40	5.54	2.600	10.60	91.50	4.910	28.800	0.630	0.0850	0.01000	2.49000	0.12850	0.01100	3.53000	0.008
173	7.85	340.00	0.520	18.64	131.00	21.70	40.50	6.65	2.000	13.80	128.91	9.870	49.800	0.800	0.1100	0.00621	0.41900	0.04130	0.03700	0.76900	0.007
174	7.60	256.00	0.550	19.90	127.80	10.80	37.99	6.62	1.140	14.11	122.51	12.300	55.700	0.950	0.1320	0.01500	1.60000	0.10200	0.01400	1.69000	0.010
175	8.31	314.00	0.510	18.44	157.00	11.80	42.72	5.56	0.360	13.50	142.43	12.900	56.400	0.010	0.1042	0.01650	0.20000	0.03340	0.00785	0.26000	0.009
176	7.70	242.40	0.530	20.10	121.20	19.00	34.03	6.26	1.110	12.91	111.11	11.000	44.000	0.940	0.0980	0.01100	1.14000	0.09600	0.01100	1.47000	0.010
177	8.60	392.00	0.620	20.30	196.10	25.00	46.07	7.77	1.240	17.38	147.49	15.200	57.400	0.026	0.1010	0.00286	0.13000	0.01995	0.00860	0.15400	0.006
178	8.50	540.60	0.690	21.20	260.30	10.20	52.18	8.05	1.200	20.36	163.94	23.400	67.500	0.041	0.1406	0.00232	0.06000	0.01705	0.01105	0.04850	0.006
179	8.30	461.00	0.680	20.00	236.00	16.10	56.20	10.30	1.110	21.13	183.35	24.970	62.610	0.043	0.1240	0.00270	0.05000	0.01370	0.00200	0.02930	0.002
180	8.10	269.00	0.460	17.00	161.00	18.30	37.50	7.40	1.100	11.78	124.53	7.900	38.800	0.010	0.0210	0.00910	0.92000	0.31300	0.01500	1.39000	0.010
181	8.24	436.00	0.750	21.60	270.00	19.70	56.10	9.96	1.110	23.10	181.68	24.600	45.300	1.370	0.1300	0.00780	0.10320	0.02140	0.00740	0.28700	0.004
182	8.33	300.00	0.630	23.91	150.00	12.40	27.30	6.44	2.300	14.10	95.04	17.300	70.800	5.790	0.1970	0.00500	0.11900	0.00500	0.00200	0.45600	0.007
183	8.60	390.00	0.770	19.72	190.00	16.20	73.50	14.10	2.250	27.60	242.40	18.000	69.700	2.520	0.2020	0.01100	0.03600	0.00500	0.00200	0.05400	0.002
184	8.18	280.00	0.870	28.13	140.00	16.50	35.70	8.55	0.587	22.50	124.81	18.800	48.900	2.380	0.0870	0.00700	0.22300	0.00600	0.01400	0.20800	0.001
185	8.14	360.00	0.850	26.03	180.00	20.70	44.60	7.37	1.850	23.30	142.16	28.200	76.700	3.820	0.1780	0.00500	0.02300	0.00200	0.00200	0.06800	0.015
186	8.26	380.00	1.100	28.72	190.00	11.30	51.20	12.30	3.170	33.80	179.16	21.500	79.900	5.650	0.2690	0.00500	0.25400	0.00700	0.01000	0.33200	0.005
187	8.86	360.00	0.740	21.36	180.00	13.60	50.00	14.40	2.030	23.30	184.90	23.500	60.000	1.410	0.1940	0.00500	0.05700	0.00900	0.01100	0.07800	0.005
188	9.14	290.00	0.770	25.90	140.00	22.20	35.80	7.09	1.740	19.40	118.99	15.900	66.300	1.400	0.2300	0.00600	0.40600	0.07200	0.00200	0.40300	0.003
189	7.95	400.00	2.170	50.62	200.00	23.70	26.70	8.78	3.770	50.70	103.27	15.300	68.300	2.220	0.2540	0.00500	3.22000	1.49000	0.05000	6.41000	0.006
190	7.64	430.00	0.550	17.17	210.00	16.20	53.20	9.94	2.820	16.90	174.35	21.500	68.000	2.530	0.1260	0.03100	5.34000	0.18500	0.04800	4.92000	0.009
191	8.58	570.00	0.680	17.86	260.00	12.50	78.80	10.70	2.660	24.40	241.51	21.400	72.000	1.380	0.1800	0.03200	0.91100	0.02700	0.26100	1.30000	0.003
192	7.84	220.00	0.650	21.38	110.00	26.20	40.40	7.13	5.170	17.10	130.66	11.700	43.000	2.480	0.3790	0.03400	23.50000	0.47400	0.07100	21.40000	0.018
193	7.63	360.00	0.950	27.31	180.00	18.70	44.00	8.37	5.840	26.20	144.81	16.800	77.100	1.280	0.0620	0.12200	10.30000	0.44700	0.07800	14.10000	0.015
194	7.70	510.00	0.650	16.58	250.00	14.20	74.60	18.50	3.640	24.40	263.46	27.100	78.600	1.940	0.2330	0.00500	0.24100	0.03500	0.09000	0.30300	0.003
195	7.77	460.00	0.800	21.87	230.00	18.40	64.50	9.57	1.880	26.10	201.06	22.500	74.000	2.390	0.2610	0.00500	0.11300	0.00100	0.09300	0.19100	0.005
196	8.43	320.00	0.680	20.98	160.00	24.50	50.10	8.06	1.840	19.60	158.77	15.500	66.900	3.360	0.2150	0.00500	0.25800	0.03500	0.00200	0.46800	0.006
197	8.13	450.00	0.660	18.68	230.00	20.50	62.50	11.20	1.870	21.60	202.84	15.300	80.900	2.050	0.0590	0.00500	0.05400	0.00900	0.05900	0.02800	0.003
198	7.61	500.00	0.710	18.77	250.00	11.50	74.10	11.30	1.510	24.80	232.25	21.500	79.000	2.180	0.4270	0.00500	0.05700	0.01100	0.03200	0.11400	0.005
199	8.47	470.00	0.610	16.54	316.00	15.70	73.80	11.90	2.140	21.50	234.00	22.000	87.100	2.820	0.1440	0.00900	0.19000	0.02400	0.05500	0.22600	0.002
200	7.39	180.00	0.520	21.40	90.00	13.80	24.80	4.19	4.970	10.70	79.43	5.670	27.300	1.800	0.2970	0.05300	34.10000	0.85000	0.08400	31.30000	0.025
201	8.08	370.00	0.610	19.79	180.00	20.20	46.50	6.94	2.740	16.80	145.12	16.300	62.100	1.100	0.1830	0.02400	1.33000	0.06700	0.04600	1.03000	0.006
202	7.87	230.00	0.480	17.75	110.00	15.20	36.80	7.19	2.000	12.30	121.91	6.980	44.000	2.000	0.1360	0.00643	3.16000	0.27280	0.09600	3.57000	0.011
203	7.90	197.00	0.380	16.62	99.00	13.50	29.40	4.88	0.560	8.63	93.80	5.570	31.000	0.740	0.0850	0.01000	0.55600	0.09540	0.00500	0.77600	0.006
204	8.28	470.00	0.600	0.00	210.00	23.10	42.40	7.71	2.000	10.10	138.07	15.400	53.500	0.570	0.1090	0.00542	0.53700	0.03640	0.01600	0.84500	0.007
205	9.30	320.00	0.590	20.30	159.40	8.10	41.49	7.28	1.120	15.76	134.03	10.200	53.000	0.980	0.1070	0.01300	2.44000	0.12200	0.03200	2.16000	0.010
206	8.36	336.8	0.590	21.50	168.50	10.40	36.44	6.33	0.260	14.67	117.33	14.300	60.200	0.045	0.0938	0.00715	0.27000	0.04505	0.00427	0.37100	0.009
207	7.80	300.00	0.530	20.20	150.20	18.00	32.82	6.33	1.150	12.73	108.38	11.000	34.000	0.680	0.0870	0.01400	1.73000	0.08600	0.01000	1.61000	0.010
208	8.20	363.5	0.620	20.60	181.70	22.90	43.20	8.17	1.480	17.04	141.98	13.800	55.300	0.072	0.0774	0.00259	0.11000	0.01790	0.00439	0.09550	0.004
209	8.10	598.3	0.680	20.00	294.50	9.40	56.89	9.43	1.410	20.98	181.45	21.600	72.300	0.010	0.1300	0.00162	0.05000	0.00920	0.00198	0.03380	0.004
210	8.15	484.0	0.690	19.80	300.00	13.20	59.20	11.20	1.550	22.12	194.59	22.013	69.254	0.012	0.1400	0.00162	0.04000	0.00540	0.00198	0.04180	0.002
211	8.20																				

219	8.63	450.0	0.500	15.44	220.00	24.20	51.40	14.00	0.869	15.70	186.74	18.500	78.000	1.610	0.1500	0.00500	0.0540	0.01500	0.00200	0.04600	0.007
220	8.02	540.0	0.860	22.12	270.00	22.00	63.60	15.90	1.930	29.60	225.14	23.100	81.900	1.240	0.2900	0.01100	0.0020	0.01100	0.00200	0.01000	0.003
221	7.09	370.0	0.750	21.08	180.00	13.90	50.70	15.70	2.700	23.90	192.06	25.500	66.100	0.700	0.1200	0.01079	0.2150	0.06340	0.01100	0.16800	0.043
222	7.80	438.0	0.640	18.97	219.00	17.20	51.90	13.30	1.920	20.10	193.30	14.900	68.000	1.270	0.1910	0.01000	0.1940	0.02230	0.00500	0.18700	0.004
223	7.96	490.0	0.550	16.57	210.00	27.70	53.70	14.20	2.000	17.80	193.32	10.300	62.800	0.810	0.1920	0.00234	0.0350	0.01720	0.03100	0.01700	0.003
224	8.07	394.2	0.650	21.81	197.10	14.10	36.78	10.92	0.714	17.64	137.37	14.600	58.700	0.980	0.1140	0.01100	0.3540	0.09100	0.00600	0.19500	0.010
225	8.22	421.0	0.740	23.00	210.90	18.30	43.80	11.04	0.490	21.31	155.43	15.300	63.400	0.010	0.0854	0.00755	0.2400	0.05400	0.00288	0.14700	0.006
226	7.80	476.5	0.700	20.80	238.80	26.80	49.64	12.89	1.290	21.54	177.72	18.000	53.000	0.540	0.1480	0.01100	0.3060	0.03300	0.00600	0.14000	0.010
227	7.60	467.2	0.680	19.30	233.60	17.80	58.28	12.92	1.420	22.08	199.45	15.900	64.600	0.054	0.1524	0.00177	0.0300	0.02720	0.00198	0.00860	0.004
228	8.19	505.0	0.700	19.20	319.00	18.60	57.80	16.80	0.892	23.41	214.38	19.950	76.114	0.117	0.1500	0.00380	0.0600	0.01670	0.00780	0.02450	0.003
229	8.40	500.0	0.750	20.00	304.00	23.90	62.30	16.20	1.390	25.75	223.14	18.100	70.300	0.010	0.1430	0.00240	0.0800	0.02330	0.00198	0.03460	0.004
230	8.10	250.0	0.630	24.73	120.00	15.20	22.80	7.14	2.940	13.60	86.70	17.800	70.900	4.010	0.0770	0.02700	4.5200	0.52900	0.00200	5.64000	0.008
231	8.54	260.0	0.730	38.79	130.00	13.40	8.04	2.52	1.300	9.35	30.58	23.600	82.800	2.070	0.0270	0.00500	0.0580	0.01200	0.00200	0.12000	0.006
232	8.60	340.0	0.380	11.35	170.00	20.30	70.00	11.70	2.380	13.30	223.67	16.700	50.200	5.010	0.3440	0.01700	0.9980	0.06000	0.06400	0.84400	0.006
233	7.73	370.0	0.750	23.06	180.00	17.90	47.50	8.82	2.120	21.70	155.44	16.300	66.100	2.300	0.2170	0.01100	0.8810	0.00800	0.00200	0.61500	0.002
234	8.15	410.0	1.210	30.81	200.00	15.50	58.30	7.54	2.940	36.90	177.11	18.100	74.400	3.680	0.2870	0.03700	4.7300	0.07900	0.07200	3.68000	0.011
235	8.14	290.0	1.040	27.63	140.00	14.70	53.00	10.70	3.850	31.80	177.01	21.000	72.000	4.960	0.1350	0.00900	0.0020	0.07700	0.00200	0.69000	0.004
236	8.06	410.0	0.550	16.26	210.00	21.00	45.20	19.90	1.920	17.60	195.78	16.000	55.600	1.690	0.1750	0.00500	1.5100	0.09200	0.00400	0.45300	0.006
237	7.88	410.0	0.700	18.26	200.00	26.00	71.90	9.99	10.300	24.00	221.30	45.800	69.500	0.100	0.0820	0.02300	3.8000	0.26400	0.12400	5.63000	0.019
238	8.04	500.0	0.740	20.42	250.00	14.20	58.50	12.90	2.760	23.90	199.91	24.500	82.000	1.880	0.3670	0.00800	0.2540	0.05800	0.01700	0.20500	0.004
19	8.38	530.0	0.940	23.19	270.00	19.00	65.10	16.60	4.330	32.80	231.80	28.600	86.000	1.420	0.1380	0.02500	0.7780	0.06600	0.27200	1.21000	0.006
10	7.63	330.0	0.850	25.50	160.00	19.60	43.60	9.62	2.910	24.00	149.01	14.000	47.000	2.570	0.1790	0.06500	3.3500	0.17300	0.22900	4.87000	0.007
11	7.73	390.0	0.820	23.34	190.00	26.50	53.90	9.74	3.700	25.10	175.26	17.800	76.800	1.850	0.0020	0.05200	2.2800	0.15100	0.02000	2.89000	0.008
12	7.51	390.0	0.880	19.81	190.00	15.70	84.90	22.00	5.910	35.20	303.77	29.600	88.900	3.710	0.2070	0.01100	0.2630	0.09400	0.09700	0.21600	0.003
13	7.43	560.0	0.860	20.14	280.00	17.80	89.50	14.50	3.300	33.30	284.07	25.000	87.000	3.050	0.3120	0.00500	0.1430	0.02100	0.08500	0.22800	0.003
14	7.78	460.0	0.490	15.33	230.00	23.20	57.40	9.07	1.570	15.20	181.23	20.300	75.800	1.870	0.2800	0.03000	0.6080	0.10100	0.15500	1.07000	0.005
15	7.61	490.0	0.710	21.59	250.00	27.00	53.50	7.51	2.390	21.20	164.99	18.300	81.000	9.010	0.1670	0.02200	2.8300	0.16100	0.06700	1.95000	0.005
16	7.60	540.0	0.790	20.08	270.00	13.60	75.70	12.60	2.610	28.20	241.66	24.500	79.000	1.110	0.2320	0.01700	0.2150	0.32100	0.06400	0.18100	0.004
17	7.54	510.0	0.650	20.03	294.00	11.90	48.00	10.90	2.370	19.30	165.34	17.300	76.400	2.230	0.1750	0.03900	4.4100	0.14000	0.06400	3.50000	0.011
18	7.76	300.0	0.460	16.73	150.00	17.20	35.60	10.00	1.640	12.20	130.60	9.740	50.200	3.730	0.1370	0.03000	16.9000	0.44900	0.05800	16.70000	0.016
19	7.59	510.0	0.760	21.14	260.00	23.00	62.40	9.52	2.410	24.40	195.60	24.600	81.100	1.360	0.2560	0.03700	1.2600	0.14500	0.08000	0.67400	0.004
10	7.04	360.0	0.650	18.17	180.00	16.10	55.00	16.50	4.290	21.50	206.14	25.500	61.500	2.200	0.1080	0.07896	9.2000	3.65000	0.04600	8.84000	0.185
11	7.40	373.0	0.610	18.68	187.00	17.90	50.30	10.70	2.860	18.30	170.30	14.900	55.500	0.930	0.1480	0.01000	2.6300	0.21560	0.00500	4.24000	0.006
12	7.52	425.0	0.480	15.75	215.00	21.50	49.90	9.83	2.000	14.40	165.64	15.400	58.200	0.990	0.1480	0.00725	0.8150	0.08020	0.03600	0.98900	0.005
13	7.37	375.0	0.830	27.08	183.00	10.90	35.65	7.91	1.460	21.06	122.01	13.800	62.400	0.830	0.1200	0.02600	1.4200	0.14300	0.00600	1.89000	0.010
14	8.55	371.7	0.830	26.34	185.90	16.60	40.49	7.61	0.940	21.95	132.88	15.400	62.400	0.011	0.1020	0.00585	0.2400	0.05550	0.00282	0.33650	0.008
15	8.10	356.6	0.540	19.60	179.00	24.80	37.02	7.03	1.160	13.76	121.80	13.000	46.000	0.550	0.1160	0.01100	1.3600	0.09000	0.00800	1.26000	0.010
16	8.30	390.9	0.600	18.20	195.70	24.50	54.94	9.42	1.460	18.19	176.54	16.700	61.200	0.039	0.0834	0.00315	0.1700	0.13100	0.00256	0.16050	0.005
17	8.10	508.7	0.600	17.50	234.50	8.90	61.52	1.04	1.320	19.27	158.13	19.300	71.600	0.010	0.1378	0.00162	0.0800	0.10200	0.00491	0.02315	0.003
18	8.30	490.0	0.630	17.80	266.00	18.70	62.60	12.20	1.480	20.70	207.25	20.650	63.910	0.028	0.1410	0.00710	0.1900	0.09700	0.01270	0.15600	0.005
19	8.30	364.0	0.580	18.30	217.00	18.00	50.70	8.90	1.440	17.04	163.77	13.200	48.800	0.010	0.0890	0.00400	0.3300	0.07150	0.00620	0.48600	0.005
20	7.76	440.0	0.440	12.70	220.00	4.40	81.30	5.02	3.020	15.20	224.13	18.600	197.000	2.020	0.2180	0.56500	0.0750	0.11200	0.06000	0.10200	0.004
21	7.53	430.0	0.570	14.10	220.00	8.70	106.00	6.68	3.670	22.40	292.78	23.500	187.000	2.010	0.4080	0.36500	0.0990	0.12600	0.08200	0.38000	0.006
22	7.47	380.0	0.350	9.98	190.00	7.50	88.40	5.14	2.740	12.50	242.38	26.200	185.000	0.100	0.3970	1.19000	0.0820	0.16200	0.09400	0.25500	0.002
23	6.55	410.0	0.600	17.79	200.00	14.00	73.40	1.32	2.640	19.10	188.99	17.100	167.000	3.200	0.3140	0.23600	0.0020	0.12700	0.11700	0.05200	0.003
24	7.98	510.0	2.280	46.57	250.00	4.20	57.60	5.31	2.410	67.60	166.08	26.700	227.000	5.540	0.3710	0.67800	0.1780	0.09500	0.08800	0.29800	0.008
25	6.98	410.0	0.510	14.40	200.00	4.10	81.40	5.54	3.270	17.80	226.54	23.800	186.000	6.380	0.1660	0.48300	0.0630	0.11400	0.06700	0.23700	0.004
26	8.58	480.0	0.510	13.70	240.00	12.10	93.00	4.96	2.930	18.70	253.13	17.400	204.000	2.180	0.2450	0.34100	0.0020	0.14700	0.08500	0.02200	0.003
27	7.60	490.0	0.920	24.64	240.00	11.80	68.80	5.01	3.050	29.50	192.84	23.100	227.000	1.410	0.1220	0.29900	0.8610	0.69200	0.52700	0.29400	0.006
28	6.56	320.0	0.380	14.43	160.00	5.00	44.00	3.25	2.000	9.75	123.52	12.500	105.000	1.400	0.1090	0.63083	0.3960	0.10540	0.05600	0.55000	0.004
29	6.30	270.0	0.440	16.69	153.00	8.40	41.80	3.34	0.200	10.90	118.40	5.670	103.000	1.630	0.0860	1.32000	0.1790	0.11660	0.06800	0.38000	0.004
30	7.21	309.0	0.700	15.10	197.50	12.50	43.30	3.54	2.000	12.30	122.97	2.700	102.000	0.700	0.0860	0.66170	0.1360	0.08960	0.06300	0.23100	0.003
31	7.42	461.8	0.420	13.44	231.10	2.70	64.25	4.98	1.810	13.07	181.36	14.800	179.000								

79	8.23	840.0	0.720	15.98	420.0	5.50	125.00	7.65	4.970	30.60	344.32	48.400	267.000	2.550	0.4410	0.05900	0.2010	0.18500	0.11200	0.23600	0.005
80	6.46	896.0	0.650	13.33	450.0	13.50	159.00	9.47	5.440	31.30	436.89	48.700	386.000	2.060	0.4910	4.71000	0.5250	0.62100	0.32400	1.76000	0.008
81	7.12	680.0	0.640	15.00	330.0	12.80	117.00	6.56	3.950	26.30	319.78	36.300	337.000	0.100	0.4400	1.64000	0.2250	0.26500	0.16500	0.37700	0.005
82	7.40	750.0	0.680	14.89	290.0	7.00	134.00	7.28	4.750	29.80	365.28	35.500	299.000	3.780	0.7340	1.13000	0.0220	0.24700	0.18800	0.18900	0.006
83	7.40	760.0	0.680	15.21	380.0	11.80	130.00	7.27	3.620	29.60	355.24	37.500	275.000	4.310	0.4740	0.75900	0.2230	0.18800	0.16600	0.24900	0.006
84	7.78	810.0	0.640	13.78	400.0	13.50	143.00	7.77	3.540	28.90	389.82	47.400	303.000	3.080	0.3960	0.43900	0.0020	0.14900	0.10300	0.01700	0.004
85	7.71	830.0	0.670	14.18	420.0	13.90	149.00	8.05	3.540	31.10	405.98	43.500	309.000	1.680	0.4930	0.28900	0.0020	0.13000	0.05900	0.01000	0.004
86	7.53	840.0	0.540	12.69	420.0	5.40	123.00	6.90	3.250	22.70	336.20	40.500	323.000	1.140	0.5270	0.64600	0.0320	0.16600	0.20000	0.07100	0.005
87	7.39	770.0	1.140	25.11	500.0	3.50	97.20	8.51	5.110	43.80	278.40	73.900	252.000	1.280	0.4010	1.70000	6.8800	0.25800	0.14600	7.33000	0.017
88	7.40	620.0	2.160	43.44	300.0	8.10	60.00	8.22	5.540	67.30	184.19	43.600	210.000	2.780	0.3330	2.20000	0.1120	0.29100	0.05200	0.54800	0.005
89	6.63	820.0	0.620	14.15	410.0	13.20	128.00	7.94	3.240	27.00	353.03	30.700	363.000	1.770	0.0840	6.47000	0.1340	0.03300	0.40600	0.04500	0.004
90	7.47	770.0	0.610	14.58	380.0	6.10	115.00	7.73	2.820	25.30	319.65	42.600	283.000	1.400	0.3528	2.53000	0.7822	0.37211	0.19600	1.49000	0.007
91	6.40	828.0	0.460	10.01	414.0	9.20	152.00	11.30	3.380	22.00	427.00	27.800	397.000	1.210	0.3110	7.48000	0.2810	0.51890	0.29100	1.51000	0.004
92	6.98	860.0	0.370	8.54	410.0	14.30	140.00	10.20	3.530	17.00	392.43	26.200	357.000	0.640	0.3350	3.96000	0.0920	0.38140	0.24300	0.77100	0.003
93	6.96	734.4	0.550	13.60	367.2	3.40	109.06	7.92	2.920	22.32	305.59	28.700	290.000	0.290	0.2700	3.12000	0.3260	0.41000	0.24600	0.74100	0.010
94	7.17	810.8	0.550	13.11	405.0	2.00	116.71	8.02	3.300	22.78	325.14	39.800	328.000	0.083	0.2866	2.89000	0.0800	0.40300	0.25200	0.48900	0.007
95	6.70	713.0	0.390	8.80	355.7	7.00	145.56	10.38	2.560	18.14	407.08	18.000	324.000	0.230	0.3900	3.78400	0.2300	0.64500	0.69400	0.48600	0.010
96	6.70	701.2	0.560	12.40	117.7	9.80	135.89	9.48	3.200	24.96	379.16	39.900	259.000	0.057	0.3408	4.48000	0.0700	0.57500	0.42900	0.69500	0.005
97	7.27	846.7	0.580	13.00	423.6	12.50	131.50	9.13	3.880	25.46	366.73	44.700	381.000	0.046	0.3902	6.02000	0.1000	0.52000	0.34500	0.69000	0.006
98	6.82	943.0	0.580	12.00	556.0	2.30	159.00	9.80	4.250	27.76	438.27	44.010	378.600	0.020	0.5180	5.55000	0.1200	0.53000	0.36200	0.68000	0.006
99	8.10	1041.0	0.60	11.70	687.0	12.30	180.00	14.10	4.410	31.19	508.65	50.140	481.550	0.010	0.2360	10.80000	0.1800	0.75500	0.53000	1.67000	0.007
00	8.52	500.0	1.70	37.62	250.0	15.60	52.00	13.40	5.760	53.30	185.74	27.000	87.000	2.590	0.2180	0.00500	0.2680	0.03200	0.00200	1.53000	0.006
01	8.98	410.0	0.77	19.59	200.0	12.60	71.40	17.50	1.250	28.20	251.30	37.300	96.200	2.140	0.0400	0.00500	0.0280	0.00400	0.00200	0.03400	0.003
02	8.44	410.0	1.08	27.61	230.0	18.70	52.90	15.30	2.260	34.70	195.89	26.100	75.600	3.500	0.2400	0.00700	0.0450	0.00700	0.00800	0.06900	0.003
03	8.05	490.0	1.12	27.56	240.0	19.50	59.30	14.90	3.070	37.30	210.23	26.700	83.300	2.530	0.1770	0.00500	0.0320	0.00600	0.00200	0.01400	0.003
04	8.94	490.0	2.27	46.10	240.0	14.50	55.20	8.21	2.100	68.50	172.15	20.600	72.600	2.820	0.0020	0.00500	0.0190	0.00800	0.02600	0.03200	0.002
05	8.73	500.0	1.54	34.36	240.0	13.90	76.20	4.65	3.670	51.50	209.84	27.500	79.000	1.680	0.1750	0.00700	0.0020	0.01500	0.00200	0.02200	0.003
06	8.79	380.0	0.78	20.15	190.0	18.10	61.70	20.10	2.990	27.90	237.86	34.900	108.000	1.210	0.3540	0.78500	0.0020	0.00100	0.00600	0.03600	0.002
07	8.16	930.0	1.12	24.25	470.0	20.70	86.50	19.70	3.650	44.40	298.20	40.900	116.000	4.410	0.0530	0.00500	0.0280	0.02300	0.00200	0.01000	0.005
08	8.31	600.0	1.36	29.41	300.0	14.00	72.50	18.70	4.520	50.50	259.04	37.900	97.000	1.720	0.1300	0.01000	0.0500	0.01800	0.01100	0.07900	0.004
09	8.93	750.0	1.16	24.92	370.0	15.30	78.60	24.70	3.860	46.20	299.25	82.500	98.000	2.850	0.1590	0.00500	0.0790	0.01200	0.00200	0.10200	0.003
10	8.81	490.0	1.27	29.68	250.0	23.00	58.50	18.30	3.050	43.70	222.38	25.000	84.000	3.970	0.2030	0.00800	0.0020	0.01000	0.05500	0.01000	0.004
11	7.95	580.0	1.76	34.84	280.0	20.00	71.30	20.20	4.530	65.60	262.28	36.800	104.000	1.290	0.3840	0.00500	0.0020	0.00800	0.06300	0.01000	0.003
12	8.24	710.0	2.35	43.65	350.0	15.10	29.00	33.80	7.510	78.70	213.11	51.200	109.000	1.660	0.4650	0.01300	0.9730	0.10200	0.24400	0.88000	0.003
13	8.50	650.0	1.30	27.81	320.0	15.40	75.10	22.70	2.500	50.30	282.18	41.000	119.000	1.600	0.2130	0.00500	0.0540	0.04300	0.07800	0.05300	0.002
14	8.54	670.0	1.39	29.97	330.0	20.70	65.50	22.30	4.330	51.30	256.52	40.300	118.000	1.620	0.3710	0.00500	0.0020	0.00800	0.11100	0.10300	0.002
15	8.11	710.0	1.67	34.29	360.0	26.50	64.10	21.80	3.280	60.90	250.94	39.200	124.000	2.610	0.2050	0.00500	0.0310	0.02900	0.05900	0.01400	0.002
16	8.61	690.0	1.45	29.69	340.0	15.80	75.30	24.50	2.600	56.70	290.17	33.500	108.000	1.410	0.1740	0.03200	0.0510	0.03600	0.02100	0.05500	0.003
17	8.61	640.0	1.12	24.69	422.0	17.80	77.40	23.00	2.730	43.90	289.18	36.600	129.000	1.580	0.2360	0.00500	0.0420	0.01700	0.05300	0.04400	0.002
18	7.73	240.0	0.61	22.69	120.0	17.40	30.70	6.21	2.400	14.20	102.58	7.600	37.800	3.640	0.1030	0.00500	0.0270	0.00100	0.00200	0.09500	0.009
19	8.60	510.0	1.14	29.20	260.0	22.00	52.60	13.60	2.030	36.00	188.07	22.700	73.300	4.520	0.1460	0.03600	0.0020	0.00500	0.00200	0.01000	0.004
20	8.11	310.0	0.65	20.15	150.0	13.60	45.90	11.80	2.560	19.30	163.83	5.050	59.300	3.100	0.1288	0.01446	1.0900	0.09905	0.01000	1.32000	0.006
21	9.20	217.0	0.54	19.82	108.0	19.80	35.40	7.53	0.950	13.70	119.80	10.700	41.800	1.060	0.1390	0.01000	0.5730	0.03850	0.00500	0.88400	0.005
22	8.42	530.0	0.94	26.36	280.0	26.10	46.30	12.80	2.000	28.10	168.99	11.200	62.200	0.570	0.1060	0.00284	0.0810	0.00830	0.03800	0.05600	0.004
23	8.59	431.0	0.72	20.79	215.4	11.00	53.77	13.13	1.420	22.93	189.03	17.000	70.600	0.550	0.1400	0.01100	0.2970	0.04500	0.00600	0.32500	0.010
24	8.54	495.7	0.78	22.80	247.9	12.80	50.95	11.78	0.860	24.00	176.38	19.400	76.000	0.010	0.0960	0.00450	0.1800	0.03725	0.00231	0.17450	0.004
25	7.50	489.0	0.90	24.40	245.0	22.40	46.95	14.06	1.600	26.23	175.86	23.000	81.000	0.780	0.1300	0.01100	0.1490	0.03400	0.00700	0.11800	0.010
26	8.50	510.1	1.10	26.60	254.6	23.60	64.97	17.64	2.310	39.67	235.81	26.800	83.300	0.062	0.1494	0.00246	0.0800	0.03600	0.00198	0.03470	0.004
27	8.50	709.3	1.10	27.72	354.6	13.00	55.13	15.99	1.880	36.27	204.34	27.500	92.000	0.010	0.1554	0.00570	0.0500	0.01895	0.00486	0.02295	0.001
28	8.28	593.0	0.90	23.50	305.0	12.70	65.70	17.30	1.880	33.47	236.22	29.031	91.890	0.032	0.1230	0.00320	0.0400	0.02030	0.00198	0.01580	0.003
29	8.00	518.0	1.10	27.60	323.0	24.60	53.40	15.60	1.850	35.07	198.39	23.248	80.840	0.042	0.0210	0.00250	0.0400	0.01860	0.00198	0.03500	0.004
30	8.52	1050.0	3.00	50.68	510.0	24.60	48.30	22.40	4.220	103.00	213.93	78.100	244.000	3.280	0.0730	0.00600	0.0740	0.06100	0.00200	0.05100	0.004
31	8.59	880.0	0.76	15.01	440.0	12.20	128.00	35.00	1.480	37.80	465.60	68.200	228.000	2.570	0.0470	0.00500	0.0320	0.01			

38	8.31	1090.0	2.10	31.04	540.0	12.30	136.00	43.50	10.300	110.00	417.79	90.500	181.000	1.910	0.1300	0.01800	0.1800	0.05000	0.01400	0.15100	0.007
39	8.69	1070.0	1.71	27.07	530.0	11.00	134.00	42.90	7.940	88.90	437.75	75.000	171.000	3.680	0.1260	0.00500	0.0850	0.02800	0.00600	0.10900	0.004
40	7.98	1020.0	2.25	33.06	510.0	17.20	126.00	47.30	4.920	117.00	391.12	80.000	157.000	1.250	0.1800	0.00500	0.0020	0.02100	0.03700	0.01000	0.005
41	8.10	1110.0	2.26	35.46	550.0	22.90	82.10	47.30	9.550	104.00	289.28	115.000	183.000	1.220	0.3650	0.00500	0.0020	0.00300	0.05200	0.01000	0.007
42	8.20	1220.0	2.52	40.55	610.0	10.70	53.90	43.70	11.100	103.00	275.35	83.800	210.000	2.710	0.4290	0.01700	0.6400	0.12800	0.15200	0.89000	0.012
43	7.85	1330.0	1.79	30.67	660.0	13.70	110.00	31.00	4.310	82.90	369.43	80.000	187.000	1.280	0.2440	0.03700	0.1640	0.13300	0.07100	0.07800	0.003
44	8.02	1280.0	2.15	32.03	640.0	19.50	123.00	48.00	6.190	111.00	400.26	89.800	217.000	1.710	0.3920	0.00500	0.1090	0.03700	0.10900	0.02200	0.003
45	9.04	1350.0	2.02	29.19	868.0	16.80	153.00	50.00	6.810	113.00	590.50	85.500	355.000	1.960	0.2790	0.01200	0.2490	0.24200	0.06700	0.01900	0.003
46	7.93	550.0	0.93	22.94	270.0	16.60	66.70	18.30	2.310	33.50	242.87	16.400	105.000	2.480	0.1210	0.00900	0.0020	0.00100	0.00200	0.01000	0.002
47	8.25	490.0	0.91	24.64	240.0	19.00	54.60	12.60	2.220	28.70	188.91	17.000	70.800	1.650	0.0990	0.04800	0.1570	0.05900	0.00200	0.03800	0.003
48	8.04	310.0	0.72	21.67	150.0	13.00	43.70	12.90	2.900	21.10	162.91	7.580	50.800	2.500	0.0685	0.00611	0.3080	0.05808	0.00500	0.13360	0.002
49	8.20	283.0	0.63	23.18	142.0	17.40	31.20	7.19	1.100	15.10	107.90	6.320	30.600	1.940	0.0770	0.01000	0.1620	0.03480	0.00500	0.03700	0.002
50	7.80	780.0	1.19	27.58	260.0	21.20	66.40	17.40	3.060	42.20	238.38	18.600	68.900	0.760	0.0860	0.00572	0.1450	0.04230	0.03800	0.05800	0.004
51	8.30	344.0	0.66	20.23	172.4	9.80	47.51	11.71	1.390	19.65	167.49	12.300	74.700	0.590	0.0540	0.01100	0.3420	0.13600	0.01300	0.10500	0.010
52	8.21	446.4	0.72	21.18	223.2	11.80	52.34	11.64	1.000	22.21	179.27	13.800	78.100	0.318	0.0410	0.00750	0.2700	0.09800	0.00198	0.10650	0.002
53	8.00	350.0	0.56	19.50	175.0	22.20	38.07	8.61	1.280	14.67	130.99	13.000	43.000	0.750	0.0670	0.01100	0.2330	0.06200	0.00700	0.07400	0.010
54	8.44	426.0	0.95	23.80	212.9	21.70	64.80	14.66	3.680	32.49	222.98	21.700	75.700	0.067	0.0902	0.00625	0.1300	0.06000	0.00198	0.02005	0.004
55	8.40	706.9	0.94	23.90	353.9	14.40	62.92	14.26	2.320	31.64	216.62	18.400	86.700	0.010	0.1000	0.00535	0.0800	0.01885	0.00530	0.00950	0.001
56	8.43	760.0	1.20	25.70	392.0	11.20	80.80	21.30	3.450	46.79	290.60	36.080	124.960	0.022	0.0860	0.00560	0.0700	0.01910	0.01380	0.00640	0.003
57	8.00	975.0	1.62	29.40	617.0	23.20	97.40	30.60	3.100	71.46	370.78	50.070	156.450	0.030	0.0210	0.00600	0.0200	0.00770	0.00250	0.01970	0.006
58	8.91	350.0	1.02	26.05	170.0	15.80	58.60	13.90	2.650	33.50	204.32	33.000	92.500	1.630	0.2180	0.00600	0.2000	0.02100	0.00200	0.11600	0.003
59	9.24	460.0	1.28	31.16	230.0	16.20	48.20	17.30	3.980	40.90	192.46	23.900	61.000	2.090	0.0550	0.00500	0.0320	0.00600	0.00200	0.04000	0.001
60	9.22	390.0	2.82	64.19	190.0	20.90	14.70	4.85	2.010	48.80	56.92	20.800	78.000	1.430	0.2260	0.00500	0.0610	0.00300	0.00200	0.06300	0.001
61	8.50	480.0	1.24	30.52	240.0	21.30	57.10	12.00	2.560	39.40	192.67	59.200	89.000	2.530	0.1570	0.00500	0.0220	0.00600	0.01600	0.02300	0.003
62	9.03	470.0	1.54	39.33	230.0	18.50	40.30	8.23	2.720	41.10	134.98	22.400	67.200	3.520	0.0020	0.00700	0.0040	0.00400	0.00200	0.01000	0.003
63	8.87	470.0	1.25	32.10	230.0	17.10	42.50	15.40	2.790	37.60	170.31	29.500	90.000	1.650	0.0960	0.00500	0.0020	0.00700	0.00200	0.01000	0.004
64	8.84	490.0	0.63	16.69	240.0	18.40	54.90	26.30	2.680	22.90	246.65	40.800	104.000	0.100	0.2720	0.00500	0.0250	0.00600	0.00200	0.01000	0.002
65	8.48	490.0	0.78	18.82	240.0	26.10	88.10	13.90	2.800	29.90	278.07	41.500	105.000	6.330	0.0470	0.01800	0.0020	0.00100	0.00200	0.01000	0.004
66	8.78	600.0	1.17	25.84	300.0	15.10	82.40	17.10	3.360	44.90	277.13	44.000	101.000	1.210	0.9010	0.01700	0.1980	0.01600	0.05200	0.27300	0.004
67	8.55	630.0	0.65	15.96	310.0	17.10	78.90	21.20	3.540	25.20	285.44	44.000	98.000	2.830	0.1460	0.00500	0.0120	0.00600	0.00200	0.01000	0.002
68	8.46	580.0	1.21	26.02	280.0	23.00	59.30	31.40	8.650	46.60	278.87	42.500	123.000	1.260	0.0020	0.00500	0.0140	0.00900	0.02600	0.01900	0.003
69	8.37	440.0	1.49	30.91	220.0	23.50	69.00	19.70	9.920	54.70	254.45	45.500	116.000	1.220	0.1680	0.00800	0.0020	0.01400	0.11100	0.06600	0.001
70	8.08	290.0	1.24	25.29	140.0	16.50	88.10	25.20	6.270	51.60	325.08	44.300	116.000	1.520	0.3190	0.00500	0.1280	0.04200	0.07600	0.03800	0.002
71	8.28	570.0	1.03	23.14	280.0	16.10	79.20	21.70	3.230	40.30	288.27	48.000	130.000	1.870	0.2060	0.00500	0.1160	0.04200	0.08400	0.09100	0.002
72	8.51	710.0	0.98	23.82	350.0	22.00	67.90	17.50	3.170	35.30	242.55	51.200	126.000	1.820	0.2840	0.00500	0.0020	0.01200	0.07000	0.01000	0.001
73	8.08	550.0	0.94	21.60	270.0	23.20	71.80	25.70	3.710	36.70	286.41	43.500	119.000	1.990	0.0610	0.01600	0.0180	0.00400	0.07300	0.06100	0.001
74	8.10	450.0	1.06	24.24	230.0	15.10	78.30	18.00	1.870	40.00	270.63	40.000	94.000	1.300	0.2400	0.00500	0.1660	0.06200	0.04300	0.03300	0.001
75	7.87	710.0	1.08	25.60	428.0	16.50	66.60	17.80	4.050	38.70	240.55	33.400	124.000	2.110	0.3670	0.14600	10.3000	0.29400	0.10700	9.68000	0.008
76	7.67	300.0	1.04	31.71	140.0	20.50	30.80	7.88	6.510	25.10	109.78	10.200	48.500	2.050	0.1040	0.01200	0.0020	0.00100	0.00200	0.04500	0.009
77	8.72	500.0	1.24	30.54	250.0	23.70	54.50	14.00	2.220	39.70	194.49	31.400	91.800	1.670	0.1330	0.06900	0.0810	0.02000	0.00200	0.08000	0.003
78	8.36	340.0	0.75	21.85	170.0	15.30	49.00	13.40	2.430	23.20	178.24	15.200	63.800	2.100	0.1250	0.00854	0.8870	0.07430	0.00500	0.92300	0.005
79	9.30	276.0	0.64	22.09	138.0	23.50	37.40	8.50	1.060	16.90	128.90	9.120	41.800	1.080	0.1020	0.01000	0.2970	0.02580	0.00500	0.35600	0.004
80	7.97	310.0	1.02	29.16	215.0	22.70	40.80	11.10	2.460	28.50	148.18	20.800	62.000	0.640	0.1550	0.00210	0.0410	0.01070	0.00900	0.02700	0.003
81	9.33	333.8	0.87	24.94	166.9	12.90	47.08	12.59	1.310	26.12	170.08	17.600	73.800	0.530	0.1030	0.01100	0.1030	0.03300	0.00600	0.10000	0.010
82	8.70	462.3	0.81	23.32	231.1	15.50	51.64	11.45	0.960	24.78	176.73	19.500	75.400	0.010	0.0820	0.00915	0.1200	0.02455	0.00210	0.10050	0.003
83	8.40	426.4	0.78	23.80	213.5	20.40	42.46	11.31	1.630	22.24	153.19	21.000	34.000	2.310	0.0990	0.01100	0.1100	0.03300	0.01000	0.06700	0.010
84	8.40	481.3	1.01	27.40	240.7	22.20	50.72	11.94	2.090	30.90	176.47	19.800	62.100	0.059	0.1172	0.00208	0.0800	0.02340	0.00198	0.02740	0.002
85	8.86	558.5	0.99	25.90	279.2	13.50	52.95	15.56	1.880	31.88	197.10	27.600	84.700	0.010	0.1219	0.00267	0.0400	0.01095	0.00417	0.01750	0.001
86	8.11	546.0	1.16	28.30	343.0	19.40	54.80	17.40	2.150	38.33	209.38	31.552	91.907	0.012	0.1340	0.00270	0.0500	0.00860	0.00198	0.01870	0.002
87	7.90	523.0	1.12	27.70	324.0	24.10	57.50	15.10	2.170	36.76	206.56	33.350	90.715	0.048	0.0210	0.01850	0.0500	0.01290	0.00460	0.04020	0.002
88	8.58	520.0	1.01	25.21	260.0	15.90	63.50	15.20	2.840	34.80	221.98	34.700	90.600	1.920	0.1980	0.00800	0.1550	0.02800	0.01300	0.10800	0.003
89	8.77	490.0	1.31	31.81	240.0	16.90	49.80	15.90	3.740	41.70	190.64	25.100	63.500	2.140	0.0290	0.00500	0.0150	0.00500	0.00400	0.02700	0.001
90	8.95	400.0	2.71	61.99	200.0	21.60	16.70	5.39	2.120	49.90	64.17	23.500	74.400	1.270	0.2350	0.00500	0.0570	0.00100	0.		