
IMPACTO DE LA LEY PAEZ SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Octubre de 2006

Jhon James Mora Rodríguez
jjmora@icesi.edu.co
Jefe del Departamento de Economía
Universidad Icesi

Julián Durán Peralta
Asistente de Investigación
CIENFI
Universidad Icesi



1 Introducción

En este capítulo se analizó los posibles impactos de la ley Páez sobre el medio ambiente. En particular el análisis se realizó sobre el recurso agua y el recurso aire.

Para este fin, se analizó con respecto al recurso agua la información registrada por la CVC en parámetros como P, Sólidos Totales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno DQO y Oxígeno Disuelto entre 1990 y 2004 con el fin de investigar si existen cambios importantes en dichos parámetros en 1995, fecha a partir de la cual se puede registrar los efectos de la ley Páez. De esta forma, se estimó un modelo de tasas de crecimiento y se evaluó el efecto de cambio de pendiente en dicho año.

Con respecto al aire, no fue posible realizar un análisis histórico ya que no existen series que den cuenta sobre la calidad del aire. La información más relevante al respecto consiste en el análisis de la concentración de partículas suspendidas, y dicha información sólo fue posible obtenerla para algunos municipios que están cobijados por la ley Páez para el año 2001 y 2004.

Este capítulo, se divide en tres secciones: En la primera sección, se evalúa el efecto sobre el agua, en la segunda sección se evalúa el efecto sobre el aire. Finalmente, se presentan las conclusiones.

2 Efecto Sobre las Fuentes de Agua

Con el objeto de analizar el posible impacto de la ley Páez sobre el recurso agua, esta sección hace énfasis sobre el río Cauca y el río Palo, en el área que comprende el norte del departamento del Cauca y límites con el Valle. En los anteriores ríos confluye gran parte del vertimiento de desechos a las aguas que realizan los municipios y las industrias localizadas dentro de la zona de la ley Páez, pues aunque algunos municipios y empresas vierten sus residuos sobre otros ríos menores, estos últimos desembocan en el río Cauca y en el río Palo.

El río Palo ubicado más hacia el oriente del Cauca, recibe la influencia de los municipios de Toribio, Caloto, Villarrica, Padilla, Puerto Tejada, y Corinto.

Mientras el río Cauca recibe la influencia del centro del departamento del Cauca, al igual que de la ciudad de Popayán y de municipios como Piendamó, Cajibío, Morales, Suárez, Buenos Aires, Santander de Quilichao, Villarrica, entre otros.

Con el fin de observar el efecto de la ley Páez sobre la calidad el agua se analizará, entre 1990 y 2004, la evolución de la calidad del agua en estos ríos, a través de la información de las siguientes estaciones de monitoreo de la CVC:¹

- a) Antes de la desembocadura del río ovejas sobre el río cauca. (Localizada en Suárez, y sobre el río Cauca).
- b) El paso de la Bolsa. (Localizada en Santander de Quilichao, y sobre el río Cauca).
- c) Antes desembocadura del río Palo sobre el río Cauca. (Localizada en Puerto Tejada, y sobre el río Palo).

A través de la primera estación se observa la evolución de la calidad del agua del río Cauca antes de recibir toda la influencia del norte del departamento. En la segunda estación se puede observar como ha sido el comportamiento de la calidad del agua del río Cauca luego de recibir la influencia de algunos municipios del norte, como: Buenos Aires y Santander de Quilichao, y por consiguiente, se puede establecer como ha variado la

¹ No se uso otra fuente de información adicional como el IDEAM debido a que los datos de la CVC proporcionaron la información relevante sobre los parámetros de calidad del agua arriba mencionados para todo el periodo analizado.

diferencia con la primera estación. De esta forma, al recoger la información en diferencias se puede establecer si existió un efecto neto de la contaminación por parte de los municipios del norte del Cauca.

En la tercera estación se examina el cambio en la calidad del agua en el río Palo, antes de desembocar en el río Cauca, y cuando ya ha recibido la influencia de los municipios que lo afectan.

Así mismo, de la información de las estaciones de monitoreo de la CVC se extrajo aquella que concierne a los principales parámetros de calidad del agua, como son:²

PH. Este es un indicador de la acidez o alcalinidad del agua. La mayoría de las aguas naturales tienen un PH entre 6 y 8, un valor inferior a 6 indica acidez, y superior a 8 indica alcalinidad, Rigola (1989).

Sólidos Totales. Se compone de los sólidos disueltos y los sólidos en suspensión. Los sólidos disueltos, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, y su origen puede ser de desechos orgánicos como inorgánicos. Los sólidos en suspensión, es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos por un filtro, Rigola (1989). Entre más alto sea el valor de este parámetro es un señal de mayor contaminación y, Ramírez (2001) establece como valor estándar 200 mg/l.

Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO₅. Mide la cantidad de oxígeno consumido (o requerido) en la eliminación de la materia orgánica, mediante procesos biológicos aerobios. El valor de este parámetro en aguas naturales es de 1 mg/litro, un mayor valor de éste indica contaminación, Rigola (1989).

Demanda Química de Oxígeno DQO. Mide la capacidad o cantidad de consumo de un oxidante químico (dicromato o permanganato), por las materias oxidables contenidas en el agua. Es un indicador del contenido de materias orgánicas oxidables en el agua. El valor de este parámetro en aguas naturales es de 1-5 mg/litro, un mayor valor de este es una señal de contaminación, Rigola (1989).

² Aunque existen otros parámetros de calidad del agua los aquí usados son los que comúnmente se analizan en los artículos y trabajos de economía ambiental.

Oxígeno Disuelto OD. Mide la cantidad de oxígeno disponible en el agua. Una medida de 4 mg/litro o más puede garantizar la vida de los peces y otros seres vivos. Por lo tanto, valores más pequeños de este parámetro muestran mayor contaminación, Ramírez (2001).

Por lo tanto, la evolución de los parámetros de calidad del agua en los lugares señalados podrá darnos indicios en torno a la existencia de un efecto de la ley Páez sobre el agua.

2.1 El modelo

El efecto de la ley Páez sobre la calidad del agua se analizará a partir del siguiente modelo estadístico:

$$V_t = V_0 e^{rt} e^{u_t} \quad (1)$$

Donde V_t es la variable de calidad ambiental del agua en el período t . V_0 el valor inicial de V , r la tasa de crecimiento en el tiempo de la variable V y, t es el período de tiempo que toma valores entre 1990 y el 2004. Finalmente u_t es el error aleatorio. Aplicando logaritmo natural a (1) se obtiene:

$$\ln V_t = \ln V_0 + rt + u_t \quad (2)$$

Re-expresando la ecuación (2):

$$\ln V_t = \beta_1 + \beta_2 t + u_t \quad (3)$$

De esta forma, β_1 es el logaritmo de la tasa inicial de la variable de calidad del agua. β_2 es la tasa de crecimiento de la variable de calidad del agua y t la variable de tendencia.

Con el fin de observar el impacto de la ley Páez sobre la calidad del agua del río Cauca y el río Palo, se introduce una variable dummy para captar la variación en el comportamiento de la variable de calidad del agua, un año después de que el gobierno firmara esta ley con del fin de registrar mejor el comportamiento de las empresas. Por lo tanto, se define el año 1996 como umbral para dividir ambos períodos. [Ver (Greene 1999)]. El modelo se define entonces como:

$$\ln V_t = \beta_1 + \beta_2 t + \beta_3 * paez + \beta_4 * t * paez + u_t \quad (4)$$

$$Páez = \begin{cases} 0 & \text{sí } t < 1996 \\ 1 & \text{sí } t \geq 1996 \end{cases}$$

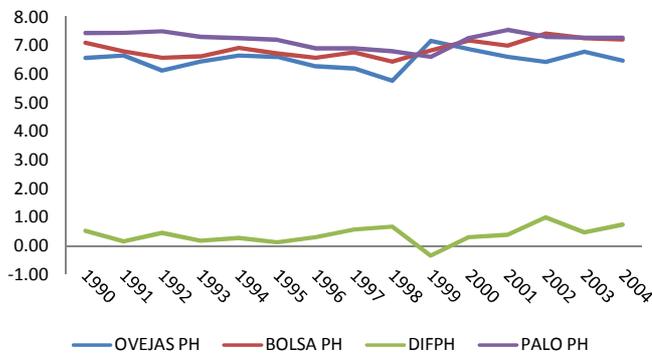
La ecuación (4) tiene una clara ventaja sobre otro tipo de pruebas como la prueba de Chow en la medida que permite diferenciar claramente donde se producen los cambios: en las pendientes, en los interceptos o en ambos conjuntamente. De esta forma, si todos los coeficientes son significativos entonces claramente existirá un efecto diferenciador antes y después de la ley Páez. Este efecto podría ser solo en intercepto en tanto β_1 y β_3 sean estadísticamente significativos pero no β_4 , solo en la tasa de crecimiento β_2 y β_4 son estadísticamente significativos pero no β_3 , y así sucesivamente. (Ver Gujarati Pág. 503). Por supuesto, que una prueba de estabilidad de la regresión completa implica que $\beta_3 = \beta_4 = 0$.

2.2 Los datos

Como ya se menciona antes, los datos provienen de la información registrada por la CVC. A continuación se muestra gráficamente la evolución de los parámetros de la calidad del agua entre el año 1990 y el 2004.

En el Gráfico 1 se observa que la diferencia del PH entre la estación del *Paso de la Bolsa*, la cual se encuentra más hacia el norte del Cauca, y la estación de la desembocadura del *Río Ovejas*, ubicada más hacia el sur, se mantuvo con pequeñas oscilaciones desde 1990 hasta 1998. Luego, esa diferencia cae en el año 1999 tomando un valor de -0.4, presentándose un mayor PH en la estación de *río Ovejas*. Pero posteriormente, vuelve y crece por encima de sus niveles históricos hasta el 2004. El gráfico también muestra una caída continua del PH en la desembocadura del río Palo sobre el río Cauca, desde 1990 hasta 1999. Posterior a ese año, el PH experimenta un crecimiento y vuelve a sus niveles iniciales. No obstante, cabe resaltar que los valores del PH se han mantenido dentro de los valores aceptables.

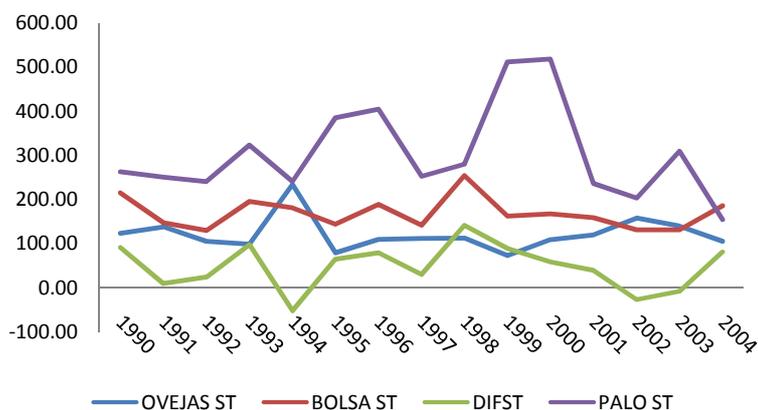
Gráfico 1. Evolución del PH.



Fuente: CVC. Cálculos propios.

En el **Gráfico 2** se muestra que la diferencia de los Sólidos Totales entre las estaciones del *Bolsa* y el río *Ovejas*, se han mantenido oscilante durante todo el período de análisis. Y los niveles de sólidos totales han sido mayores en la *Bolsa* aunque han estado alrededor del valor de la norma. Con respecto a la estación en ovejas, salvo en el año 1995 los valores se encuentran alrededor de la norma. Con respecto a la estación sobre el río Palo, el valor del parámetro es alto, muy por encima del parámetro y muestra una disminución en el 2004.

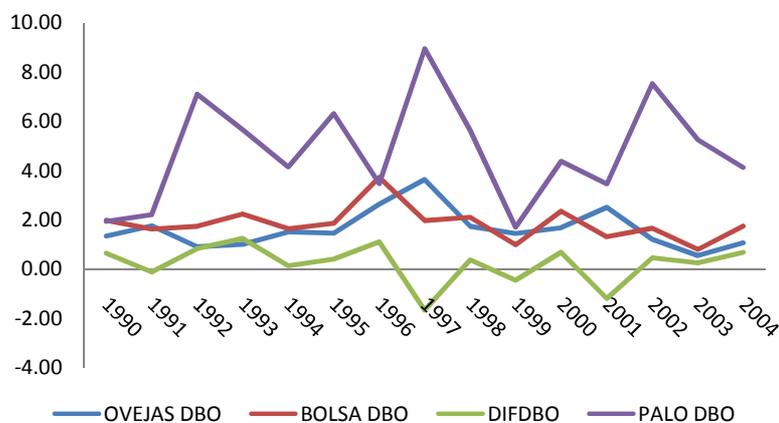
Gráfico 2. Evolución de los Sólidos Totales.



Fuente: CVC. Cálculos propios.

En el Gráfico se aprecia un comportamiento bastante oscilante del DBO₅, tanto para la diferencia de las estaciones *La Bolsa- Ovejas*, como para la desembocadura del *río Palo*. Este parámetro presenta una dinámica volátil, que dificulta el establecer algún impacto de la ejecución de la Ley Páez en la contaminación de estos ríos. Si bien es cierto, que no parece existir una tendencia clara en este valor, claramente los valores son muy superiores al máximo establecido para contaminación que es de 1 aunque es mucho más alto en la estación sobre el río palo que en las estaciones de Ovejas y la Bolsa.

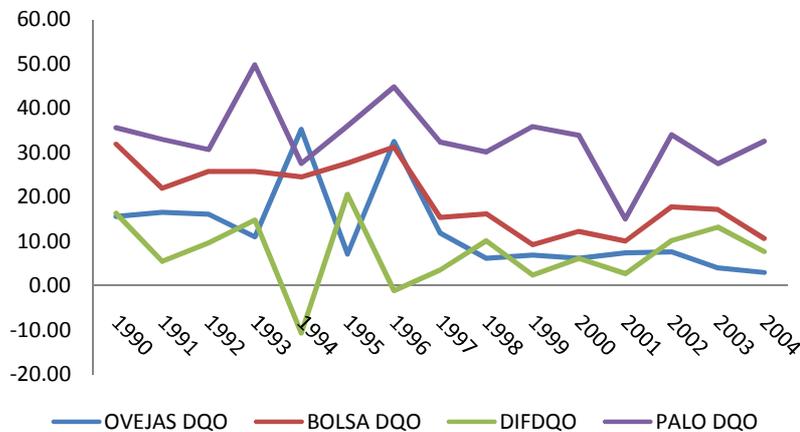
Gráfico 3. Evolución del DBO₅.



Fuente: CVC. Cálculos propios.

Al analizar el Gráfico 4, se tiene que el comportamiento del DQO es también muy oscilante, como el anterior. Sin embargo, tanto en la estación de Ovejas como en la estación de la Bolsa se presenta una disminución a partir de 1997 con un leve repunte en el 2002 y 2003. Los valores para la estación sobre el río Palo claramente se encuentran por encima de los parámetros mínimos.

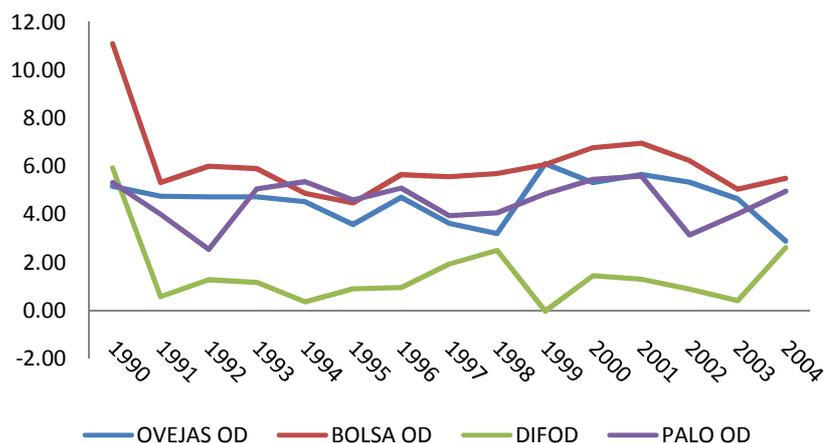
Gráfico 4. Evolución del DQO.



Fuente: CVC. Cálculos propios.

A partir del análisis del gráfico 5 se puede observar que los valores del oxígeno disuelto se encuentran dentro de los parámetros mínimos en el caso de la estación de la bolsa y aumenta en el caso de la estación del Palo y la Bolsa en el doo4 mientras que la estación de Ovejas muestra una caída durante este año. Los valores solo muestran caídas significativas en el caso del río Palo en los años 1992 y 2002.

Gráfico 5. Evolución del Oxígeno Disuelto



Fuente: CVC. Cálculos propios.

2.3 Resultados de las estimaciones

Para cada uno de los parámetros de calidad del agua se realizaron estimaciones del modelo (ecuación 4) en las estaciones de monitoreo *antes de la desembocadura del río del río Ovejas en el río Cauca, el Paso de la Bolsa*, además, se tomó la diferencia de dichos parámetros entre las estaciones *La Bolsa-Ovejas*, y el valor de ellos en *antes de la desembocadura del río Palo en el Cauca*. Adicionalmente, se efectuará la siguiente prueba de hipótesis para probar de manera conjunta la significancia de la variable de cambio en el intercepto y de cambio en la variable de tendencia:

$$H_0: \beta_3 = 0$$

$$H_0: \beta_4 = 0$$

Las estimaciones estadísticas planteadas arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 1. Evolución de PH.

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (PH OVEJAS)	LN (PH BOLSA)	LN (DIFERENCIA DEL PH OVEJAS-BOLSA)	LN (PH PALO)
CONSTANTE	1.82992	1.9052	-1.0087	2.00788
	-44.15	-74.73	(-2.62)	-87.17
TENDENCIA	0.01203	0.00286	-0.11051	-0.00384
	-1.2	-0.47	(-1.18)	(-0.74)
DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)	-0.07534	-0.02138	1.11513	-0.04223
	(-1.18)	(-0.55)	-1.92	(-1.34)
DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)	-0.00261	0.00401	0.06648	0.00591
	(-0.60)	-1.5	-1.57	-2.68
R²	0.1379	0.50493	0.4922	0.641
F	0.59	3.74	3.23	5.95
Prueba de hipótesis (prob >F)	0.5172	0.1445	0.1713	0.0064
	(No rechazo H ₀)	(No rechazo H ₀)	(No rechazo H ₀)	(rechazo H ₀)
No. Observaciones	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis.

En la Tabla 1 se muestran las estimaciones del modelo para el PH. Allí se tomó en logaritmo natural del valor de este parámetro, como variable dependiente. Los resultados

para la estación de Ovejas muestran que sólo la constante es significativa. Igual resultado se deriva de la Bolsa. Con respecto a la diferencia entre las estaciones, al 10% se puede aceptar que existe un cambio en el intercepto de la diferencia pero no en la tasa de crecimiento que es negativa y no significativa. Con respecto al río Palo, se encontró que la constante es significativa y no se puede hablar de regresiones diferentes por cambios en pendientes o interceptos, pues sólo es significativo el cambio en la tendencia. Por lo tanto, no se halló evidencia de un cambio del PH a partir del año 1996, en los ríos anteriores.

Tabla 2. Evolución de los Sólidos Totales.

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (SÓLIDOS TOTALES) OVEJAS)	LN (SÓLIDOS TOTALES BOLSA)	LN (DIFERENCIA DE SÓLIDOS TOTALES OVEJAS-BOLSA)	LN (SÓLIDOS TOTALES PALO)
CONSTANTE	4.91951 -22.61	5.15587 -32.49	3.33705 -5.39	5.38442 -23.51
TENDENCIA	-0.03404 (-0.65)	-0.01279 (-0.33)	0.12523 -0.8	0.07057 -1.37
DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)	0.0131 -0.04	-0.1419 -0.58	-0.21872 (-0.21)	-0.08267 (-0.26)
DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)	0.02829 -1.24	-0.00788 (-0.47)	-0.05542 (-0.75)	-0.06493 (-2.96)
R²	0.1568	0.1219	0.1678	0.5353
F	0.68	0.51	0.54	3.84
Prueba de hipótesis (prob >F)	0.3944 (No rechazo Ho)	0.577 (No rechazo Ho)	0.7454 (No rechazo Ho)	0.0245 (rechazo Ho al 5%)
No. Observaciones	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis.

La Tabla 2 muestra los resultados para la variable Sólidos Totales. En todas las estimaciones la constante es estadísticamente significativa. Sólo en la estación del río Palo el cambio en la tendencia es significativo al 5%, en las demás estimaciones las variables no son significativas. Por consiguiente, no se puede hablar de regresiones diferentes por cambios en los interceptos y en las pendientes. Por lo tanto, no hay evidencia de un cambio en los sólidos totales a partir del año 1996 en los ríos analizados.

Tabla 3. Evolución de DBO₅

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (DBO ₅ OVEJAS)	LN (DBO ₅ BOLSA)	LN (DIFERENCIA DBO OVEJAS-BOLSA)	LN (DBO ₅ PALO)
CONSTANTE	0.5787 -1.94	0.77813 -2.93	-0.086 (-0.13)	1.31017 -2.86
TENDENCIA	-0.09301 (-1.29)	-0.50425 (-0.79)	-0.15788 -1.13	0.05598 -0.54
DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)	1.01139 -2.21	0.38241 -0.94	1.05747 -1.13	-0.37837 (-0.60)
DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)	-0.01632 (-0.52)	-0.15153 (-0.55)	0.02777 -0.41	-0.00798 (-0.18)
R²	0.4482	0.2786	0.1879	0.0458
F	2.98	1.46	0.54	0.9209
Prueba de hipótesis (prob >F)	0.0415 (rechazo Ho al 5%)	0.3487 (no rechazo Ho)	0.5507 (no rechazo Ho)	0.82373 (no rechazo Ho)
No. Observaciones	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis.

Los resultados para el DBO₅, en la Tabla 3 muestran que la constante es significativa al 10% en la estimación para Ovejas, y es totalmente significativa en las demás estimaciones. De las demás variables la única significativa, y lo es al 5%, es el cambio en la constante para la estación de Ovejas. Así, no hay cambios ni en los interceptos ni en las pendientes para el año 1996, y por consiguiente, no existe evidencia estadística de un cambio en el DBO₅ en las aguas de los ríos estudiados.

Tabla 4. Evolución de DQO

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (DQO OVEJAS)	LN (DQO BOLSA)	LN (DIFERENCIA DQO OVEJAS-BOLSA)	LN (DQO PALO)
CONSTANTE	3.4 -8.89	3.55655 -15.81	2.04022 -4.25	3.5313 -14.94
TENDENCIA	-0.19778 (-2.15)	-0.08411 (-1.55)	0.14222 -1.14	0.00794 -0.15
DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)	0.69032 -1.18	-0.06572 (-0.19)	-1.83862 (-2.10)	-0.06112 (-0.19)
DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)	0.01391 -0.35	0.01872 -0.79	-0.00855 (-0.17)	-0.02209 (-0.97)
R²	0.5993	0.6062	0.4411	0.221
F	5.48	5.65	2.37	0.95
Prueba de hipótesis (prob >F)	0.501 (no rechazo Ho)	0.5869 (no rechazo Ho)	0.1076 (no rechazo Ho)	0.5955 (no rechazo Ho)
No. Observaciones	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis.

La Tabla 4 muestra los resultados de las estimaciones para el DQO. Allí la constante es significativa en todas las estimaciones. Y para la estación de Ovejas la tendencia es significativa 10%, pero no el resto de variables. En la diferencia entre Ovejas-Bolsa el cambio en la tendencia es significativo al 10%, pero no el resto de variables. Por consiguiente, no existen cambios en las interceptos y en las pendientes a partir del año 1996. De esta forma, no existe evidencia de que la Ley Páez haya afectado la calidad del agua de los ríos analizados, a través de las mediciones de DQO.

Tabla 5. Evolución del Oxígeno Disuelto

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (OXÍGENO DISUELTO OVEJAS)	LN (OXÍGENO DISUELTO BOLSA)	LN (DIFERENCIA OXÍGENO DISUELTO OVEJAS-BOLSA)	LN (OXÍGENO DISUELTO PALO)
CONSTANTE	1.62527 -9.06	2.05438 -13.57	0.61062 -0.99	1.4027 -6.35
TENDENCIA	-0.03143 (-0.73)	-0.07612 (-2.09)	-0.15254 (-1.02)	0.02196 -0.44
DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)	0.16847 -0.61	0.41493 -1.78	1.17446 -1.26	-0.06269 (-0.21)
DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)	0.00841 -0.45	0.02422 -1.53	0.02558 -0.37	-0.01289 (-0.61)
R²	0.0506	0.2853	0.1465	0.0377
F	0.2	1.46	0.57	0.13
Prueba de hipótesis (prob >F)	0.2 (no rechazo Ho)	0.2039 (no rechazo Ho)	0.466 (no rechazo Ho)	0.8269 (no rechazo Ho)
No. Observaciones	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis.

La Tabla 5 muestra los resultados de las estimaciones para el parámetro de calidad del agua, OD. Los resultados muestran que la constante es significativa en todas las estimaciones menos en la diferencia entre Ovejas-Bolsa. Y se tiene que el resto de variables son no significativas en todas las estimaciones y en todas las estaciones. Por lo tanto, no existe evidencia de que la ley Páez haya afectado la calidad del agua de los ríos analizados, a través de las mediciones de Oxígeno Disuelto.

De las tablas se puede concluirse que no existe una alteración en la evolución de los parámetros que explican la calidad del agua como resultado de la aplicación de la ley Páez. Por lo tanto, estos resultados señalan que no existe un cambio significativo en el deterioro de los parámetros de calidad del agua a partir de la ley Páez, es decir, que no existe evidencia estadística dada la información de la CVC, de que la ley Páez haya afectado negativamente la calidad del agua del río Cauca y el río Palo.

Sólo el parámetro PH presenta un descenso en sus niveles en el río Palo a partir del período de la ley Páez. Sin embargo, este río se ha mantenido dentro de los valores aceptables, que oscilan entre 6 y 8. Y también en el río Palo, se da un aumento de los Sólidos Totales a partir de la ley Páez. No obstante, en el

Gráfico 2 se aprecia que los niveles de sólidos totales en el río Palo adquieren una tendencia decreciente a partir del año 2002.

3. Efecto sobre el Aire

En esta sección, se investigaran los efectos de la ley Páez sobre calidad del aire. En primer lugar, se contrastará la diferencia para el año 2005 entre el promedio de los casos reportados de enfermedades respiratorias en los municipios que están en la ley Páez versus los que no están cobijados por ella. En segundo lugar, se expondrá la evolución del parque automotor revisado para verificación de gases en los centros de diagnóstico automotor del Cauca. Finalmente, se analizará la evolución de la contaminación del aire y la tasa de morbilidad por Infección Respiratoria Aguda (IRA), en cuatro municipios del norte del Cauca y la ciudad de Popayán.

Enfermedades Respiratorias en los Municipios del Cauca

A continuación, se analizará si existen diferencias en la morbilidad respiratoria entre los municipios que se encuentran inscritos en la ley Páez y los que no lo están. Para ello, se acudió a la información sobre los casos reportados de Infección Respiratoria Aguda IRA, en los municipios del Cauca para el año 2005, suministrada por la Secretaría Departamental de Salud del Cauca.³

De las enfermedades respiratorias sobre las cuales existe un registro en el departamento del Cauca, y que a su vez están influenciadas por la contaminación del aire se encuentra la IRA, por lo tanto, se tomó esa enfermedad como Proxy para observar un posible impacto de la calidad del aire sobre la salud humana. Los resultados encontrados de la para la tasa de IRA por cien mil habitantes, fueron:

³ Dado que los datos de la secretaria de Salud son reportados al Ministerio de Salud y posteriormente al DANE no es necesario realizar consultas adicionales sobre las bases de datos de dichas entidades.

Tabla 6. Promedios de las tasas de IRA por cien mil habitantes (2005)

Grupo de municipios	Promedio tasa ira menores de 5 años	Promedio tasa ira mayores de 5 años	Promedio tasa ira todos
Ley Páez	3046.8	4522.14	7568.94
No ley Páez	2641.03	4373.43	7014.46

Fuente: Secretaría Departamental de Salud del Cauca. Cálculos propios.

La Tabla 6 muestra que existe una pequeña diferencia entre los promedios en ambos grupos de municipios. Los municipios de la ley Páez presentan promedios superiores al grupo restante. Este resultado indicaría que podría existir un mayor grado de contaminación del aire en los municipios de la ley Páez.

Sin embargo, debido a que las diferencias a simple vista no son muy grandes, es importante realizar una prueba de hipótesis para contrastar la diferencia de los promedios entre ambos grupos de municipios.

La prueba de hipótesis planteada es:

$$H_0: \bar{X}_P - \bar{X}_{NP} = 0$$

$$H_a: \bar{X}_P - \bar{X}_{NP} > 0$$

Donde \bar{X}_P es el promedio de la tasa de IRA en los municipios de la ley Páez y \bar{X}_{NP} es el promedio de la tasa de IRA en los municipios que no están en la ley Páez. Los resultados de las anteriores pruebas de hipótesis se exponen en la Tabla 7.

Tabla 7. Pruebas de hipótesis para los promedios de las tasas de IRA

Prueba de Hipótesis	t-estadístico	Resultado de la prueba	Interpretación
Menores de 5 años	-0.5934	No rechazo Ho	No existe diferencias en los promedios
Mayores de 5 años	-0.1409	No rechazo Ho	No existe diferencias en los promedios
Todos	-0.326	No rechazo Ho	No existe diferencias en los promedios

Fuente: Secretaría Departamental de Salud del Cauca. Cálculos propios.

Los resultados de la Tabla 7 muestran que no existe evidencia estadística de que exista una diferencia entre los promedios de las tasas de IRA en ambos grupos de municipios. Es decir, de que el estar en la zona de influencia de la ley Páez no aumenta la probabilidad de que más personas se enfermen de afecciones respiratorias como la IRA, que están asociadas a la contaminación ambiental.

Verificación de Gases

A continuación, se procedió a analizar la información concerniente al número de automotores revisados en el departamento del Cauca, en los siguientes Centros de Diagnóstico Automotor: Serví punto Santander, Serví punto Puerto tejada, Mazda Popayán, Tecni-Centro Ambiental Quilichao, Centro de Diagnóstico Automotor Popayán, Novenautos, Timbio, Serví punto Villarrica, Multiservicio Miranda, Multiservicio Puerto Tejada, Auto-Centro Santander.

De la tabla Tabla 8 se puede observar un aumento del número de automotores revisados a lo largo de los años. También, se presenta del año 2001 al 2003 una gran disminución del porcentaje de vehículos reprobados. Lo anterior, indica que se viene haciendo cada vez más, una gestión sobre el control a la contaminación que puede producir el parque automotor.

Tabla 8. Automotores revisados en los Centros de Diagnóstico Automotor del Cauca

Año	Vehículos Revisados	Tasa de crecimiento	Vehículos Aprobados	Tasa de crecimiento	Vehículos Reprobados	Tasa de crecimiento	% Vehículos Reprobados
2000	4220	-	3794	-	426	-	10.09%
2001	2151	-49%	1891	-50%	261	-39%	12.13%
2002	11511	435%	10924	477%	N.D.	-	N.D.
2003	10384	-10%	10030	-8%	354	-	3.41%
2004	12248	17%	11823	18%	425	20%	3.47%
2005	10258	-16%	9698	-18%	557	31%	5.43%

Fuente: CRC. Cálculos propios.

Contaminación del aire y la morbilidad respiratoria.

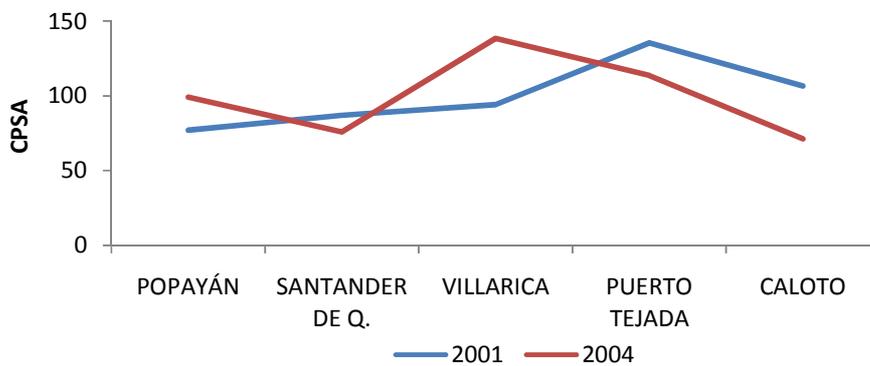
Un método comúnmente utilizado para identificar el impacto de la contaminación del aire sobre la salud humana, es la función *Dosis-Respuesta*, ver Ortiz et al. (1996). Según este enfoque analítico, el comportamiento de la morbilidad respiratoria en un asentamiento, ciudad o región, puede ser explicado a partir de la contaminación del aire, la cual tiene su origen en fuentes fijas y fuentes móviles. La contaminación por fuentes fijas, es aquella generada principalmente, por las emisiones a la atmósfera de gases y metales pesados de las industrias y por las quemaduras. Mientras que la contaminación por fuentes móviles, se refiere a la producida por la emisión de gases de los vehículos.

Desafortunadamente, no existe mayor información sobre los niveles de contaminación del aire en la ciudad de Popayán y en los principales municipios de la ley Páez, ya que los monitoreos efectuados han sido escasos y esporádicos, por lo tanto, no es posible implementar una estimación estadística tipo *Dosis-Respuesta* ya que la única información disponible es la existente sobre los municipios de Santander de Q., Villarrica, Puerto Tejada, Caloto y Popayán.

A continuación, se analizará la evolución de la tasa de morbilidad de la IRA y la calidad del aire, tomando como base las mediciones de la concentración de partículas suspendidas en el aire, provenientes de los monitoreos desarrollados por la Corporación Regional del Cauca CRC en la ciudad de Popayán y cuatro municipios del norte del cauca: Santander de Q., Villarrica, Puerto Tejada y Caloto, para los años 2001 y 2004.

En el Gráfico 6 se muestra los niveles de Concentración de Partículas Suspendidas en el Aire (CPSA), medidos en microgramos por metro cúbico, en los anteriores municipios. Allí se aprecia que la CPSA disminuyó del año 2001 al 2004 en los municipios de Santander de Q., Puerto Tejada y Caloto. Mientras que aumentó en Popayán y Villarrica. Por consiguiente, no se observa una tendencia general a incrementarse la contaminación en estos los municipios de la ley Páez.

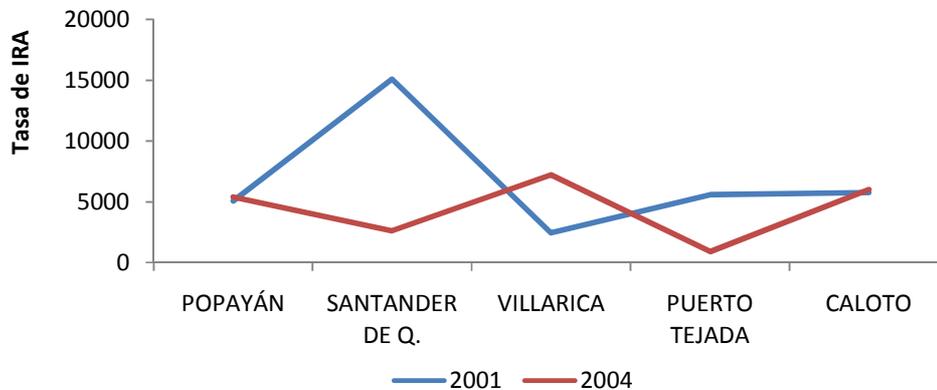
Gráfico 6. Concentración de Partículas Suspendidas en el Aire (CPSA)



Fuente: CRC. Cálculos propios.

La información de la tasa de IRA por cien mil habitantes para los mismos municipios y años es expuesta en el Gráfico 77, observándose que la tasa de IRA del año 2001 al año 2004 ha disminuido en los municipios de Santander de Q. y Puerto Tejada. Por otro lado, ha aumentado en Villarrica y se ha mantenido igual en Popayán y Caloto. Aquí tampoco se observa una tendencia general de la tasa de IRA ha aumentar o disminuir en los anteriores municipios.

Gráfico 7. Tasa de IRA por 100000 habitantes.



Fuente: Secretaría Departamental de Salud del Cauca. Cálculos propios.

Por lo tanto, con la información existente sobre la calidad del aire y el comportamiento de las tasas de IRA, no se puede establecer ni concluir de que exista una relación directa a lo largo de los años entre la contaminación del aire y las tasas de IRA, en los municipios estudiados, los cuales son representativos de la zona de influencia de la ley Páez.

4. Conclusiones

El análisis realizado en este documento permite concluir que, en el caso del recurso agua, no existe evidencia significativa de un impacto negativo por parte de las empresas de la zona a partir de la implementación de la ley Páez, en la calidad del agua del río Cauca y el río Palo, las cuales son las principales fuentes de agua en la zona de influencia de dicha ley. Es decir, que los valores no han cambiado sustancialmente con la implementación de la ley Páez.

Cuando se analiza el valor del PH este se encuentra dentro de los rangos aceptables para todo el periodo. En materia de sólidos totales los valores de las estaciones de Ovejas y la Bolsa son relativamente aceptables. Cuando se observa el valor del DBO₅ este valor es superior en todo el periodo analizado mostrando una relativa mejoría a partir del 2002. Cuando se observa el DQO no se observa mejoría en todo el periodo. Finalmente con respecto al OD a partir del 2002 se observar una mejoría y los valores han estado en los límites necesarios para conservar la vida. Finalmente, el Río Palo muestra valores de los parámetros de ST, DBO₅ y DQO muy por encima a los de las estaciones sobre el Río Ovejas y sobre la Bolsa.

De acuerdo a lo anterior, aunque no se encontraron efectos estadísticamente significativos de la ley Páez sobre el ST, DBO₅ y el DQO la autoridad ambiental debe controlar más a las empresas cuyas cargas contaminantes afectan a estos parámetros de calidad del agua. En especial deberá hacerse un mayor control sobre las empresas cuyas cargas se realizan directamente sobre el río Palo.

Dado que esta investigación no muestra un efecto de la ley Páez sobre el aumento o disminución en la contaminación del agua, tampoco se pueden establecer efectos de la ley Páez sobre el departamento del Valle del Cauca. Sin embargo, si es preocupante los niveles de ST, DBO₅ y el DQO sobre el río Cauca y que afectan claramente al Valle del Cauca.

En cuanto al recurso aire, los resultados de esta investigación muestran que no existe una diferencia significativa entre el promedio de casos reportados de IRA para los municipios que están cobijados por la ley Páez y aquellos que no están cobijados por esta ley, para el año 2005.

Por otro lado, cuando se analizo la evolución de la tasa de morbilidad de la IRA y la calidad del aire, en cinco municipios de la ley Páez, entre ellos Popayán, no se observó una tendencia general de la concentración de partículas suspendidas en el aire a incrementarse en los municipios estudiados. Y tampoco se observa una tendencia general de la tasa de IRA ha aumentar o disminuir en estos municipios. Por consiguiente, no se puede establecer ni concluir que exista una relación directa a lo largo de los años entre la contaminación del aire y las tasas de IRA, en los municipios estudiados. Así mismo, la información sobre el número de automotores revisados en los centros de diagnóstico automotor señala que existe una tendencia creciente a efectuar un mayor control al estado de los vehículos, en materia de contaminación del aire. No obstante, para mantener este comportamiento es vital que los organismos ambientales no disminuyan sus esfuerzos por hacer un mayor control tanto a los automotores como a las fábricas, en materia de emisión de gases.

Finalmente, se recomienda que los organismos de control en materia ambiental, de la zona del norte del Cauca y Popayán, como es la CRC, mejoren y amplíen los monitoreos

a los parámetros de calidad del agua en los principales ríos de la región, y que los mismos se hagan de manera puntual y permanente. También son vitales los monitoreos a la calidad del aire, en todos los municipios del Cauca tanto en fuentes fijas como en fuentes móviles. Sólo a partir de un monitoreo sistemático y permanente de la calidad de las fuentes de agua y de la calidad del aire, en los municipios, se podrá establecer de manera más aproximada la evolución de los niveles de contaminación de estos recursos naturales.

5. Referencias Bibliográficas

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC (2006). Bases de datos electrónicas de las estaciones de monitoreo del río Cauca: años 1990-2004.

Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC. Informes de Gestión sobre el Recurso Aire y Producción Limpia: 2001, 2002, 2004.

Corporación Autónoma Regional del Cauca CRC. Archivos e Informes de los Centros de Diagnóstico Automotor del Cauca: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005.

Gujarati, D. (1997). *Econometría*, Tercera edición, MacGraw – Hill.

Greene, William (1999). *Análisis Económico*. Tercera Edición. Prentice Hall. Madrid.

Ortiz, C., J. Escobar y D. García (1996). *Estimación de una Función Dosis-Respuesta para Cali*. Planeación & Desarrollo. Vol. XXVII, No. 2.

Ramírez, Patricia (2001). *Recopilación y Análisis de los Diferentes Parámetros de Contaminación del Río Cauca*. Tesis de grado (Química). Universidad del Valle.

Rigola, Miguel (1989). *Tratamiento de Aguas Industriales: Aguas de Proceso y Residuales*. Marcombo. Barcelona.

Secretaría Departamental de Salud del Cauca 2006. *Reporte sobre los casos de Infección Respiratoria Aguda IRA, en los municipios del Cauca en el 2001, 2004 y 2005*.