

# 6. Impacto sobre el medio ambiente

Jhon James Mora / Julián Durán

Este capítulo resume los resultados del documento de trabajo titulado: “Impacto de la Ley Páez sobre el Medio Ambiente”



**E**n los capítulos anteriores se ha analizado el efecto de la Ley Páez en diferentes aspectos del nivel de actividad económica. En especial se ha demostrado el gran crecimiento de la actividad industrial en el norte del Cauca. Los procesos de industrialización normalmente traen subproductos asociados a ellos (externalidades). Uno de esos subproductos es la contaminación del medio ambiente. En este capítulo se discute el posible impacto de la Ley Páez sobre el medio ambiente. En particular, el efecto sobre el recurso agua y el recurso aire.

## **6.1 Efecto sobre las fuentes de agua**

Con el fin de analizar el posible impacto de la Ley Páez sobre las fuentes de agua, se concentrará el estudio en el río Cauca y el río Palo, más específicamente en el área que comprende el norte del departamento del Cauca y límites con el Valle. En estos 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 terminan desembocando 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, Villa Rica, 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, Villa Rica, entre otros.

## Transformación de la economía caucana

Para lograr el objetivo se analiza la calidad del agua en estos ríos, entre 1990 y 2004, empleando información de estaciones de monitoreo de la CVC para variables como el PH<sup>17</sup> (indicador de la acidez o alcalinidad del agua), Sólidos Totales,<sup>18</sup> Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO<sub>5</sub>. (Mide la cantidad de oxígeno consumido (o requerido) en la eliminación de la materia orgánica, mediante procesos biológicos aerobios),<sup>19</sup> Demanda Química de Oxígeno DQO (indicador del contenido de materias orgánicas oxidables en el agua)<sup>20</sup> y Oxígeno Disuelto OD.<sup>21</sup> En el se presenta la evolución de estas variables ambientales.

En el Gráfico 47 se puede observar que la diferencia del PH entre la estación del Paso de la Bolsa, la cual se encuentra hacia el norte del Cauca, y la estación de la desembocadura del Río Ovejas, ubicada 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.

---

**17** 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. Ramírez (2001).

**18** Entre más alto sea el valor de este parámetro es una señal de mayor contaminación; amirez (2001) establece como valor estándar 200 mg/l.

**19** El valor de este parámetro en aguas naturales es de 1 mg/litro, un mayor valor de éste indica contaminación. Ramírez (2001).

**20** El valor de este parámetro en aguas naturales es de 1-5 mg/litro, un mayor valor de este es una señal de contaminación. Ramírez (2001).

**21** 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).

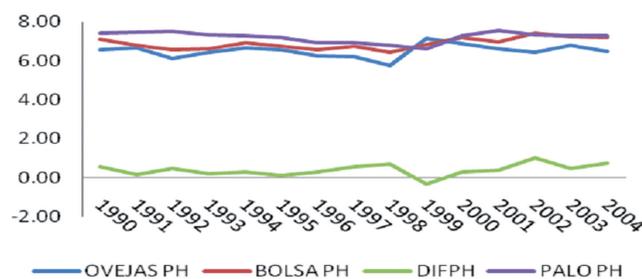
Por otro lado, la diferencia de los Sólidos Totales entre las estaciones de la Bolsa y el río Ovejas, se han mantenido oscilantes durante todo el período de análisis. Y los niveles de sólidos totales han sido mayores en la Bolsa aunque han estado alrededor del valor de la norma. Con respecto a la estación en Ovejas, salvo en el año 1995 los valores se encuentran alrededor de la norma. En la estación sobre el Río Palo, el valor del parámetro es alto, y muestra una disminución en el 2004.

Igualmente, en el Gráfico 47 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 uno, aunque es mucho más alto en la estación sobre el Río Palo que en las estaciones de Ovejas y la Bolsa.

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.

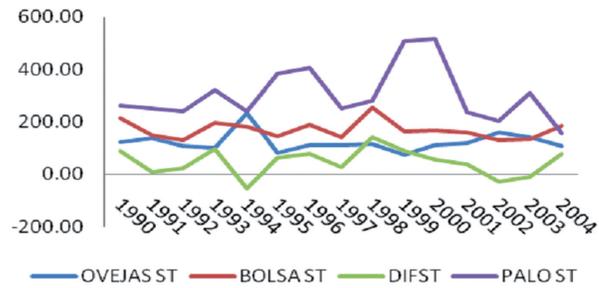
**Gráfico 47. Variables de calidad del Agua**

**Evolución del PH**

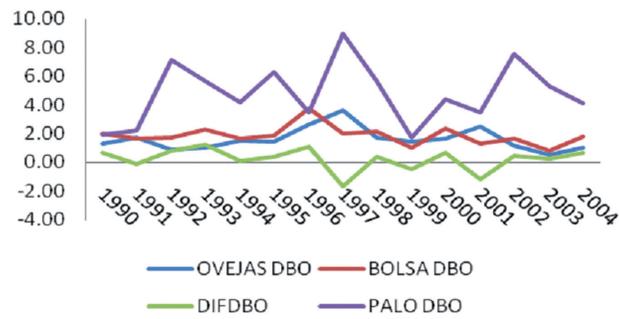


## Transformación de la Economía caucana

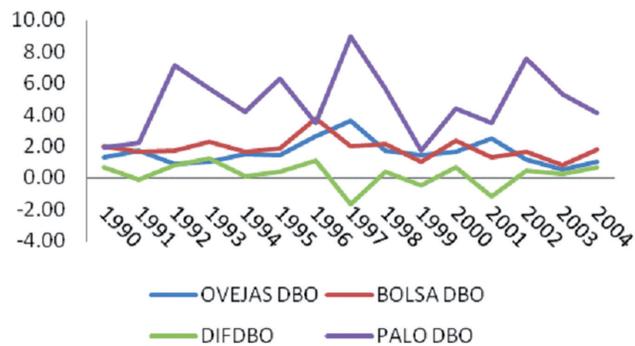
### Evolución de los Sólidos Totales. (en Mg/L)



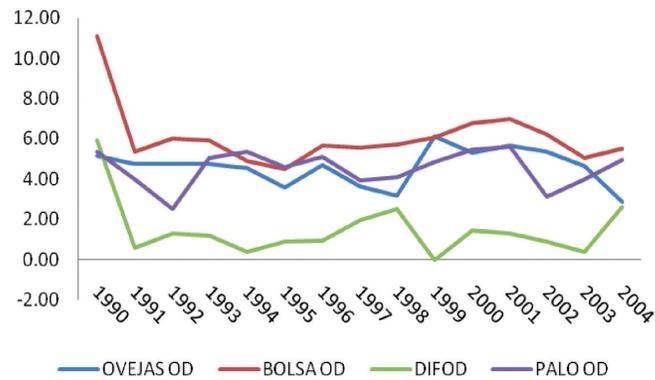
### Evolución del DBO5. (en Mg/L)



### Evolución del DQO. (en Mg/L)



### Evolución del Oxígeno Disuelto (en Mg/L)



Fuente: CVC y cálculo propios

En cuanto a los valores del oxígeno disuelto, este parámetro se encuentra dentro de los límites mínimos en el caso de la estación de la Bolsa y aumenta en el caso de la estación del Palo, 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.

En resumen, aparentemente no existe ningún cambio en el comportamiento de estas variables ambientales a partir de la Ley Páez. Pero claramente estos gráficos no pueden ser concluyentes. Para corroborar esta observación se estimó para cada una de las variables anteriormente mencionadas el siguiente modelo lineal:

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

donde  $\ln(V_t)$  corresponde al logaritmo natural de cada una de las variables de calidad ambiental del agua consideradas para el período  $t$ , es una variable dummy que toma el valor de uno si se trata de un año posterior (o igual) a 1996.<sup>22</sup>

Este modelo permite fácilmente determinar si existe efecto o no de la Ley Páez sobre las fuentes de agua. Por ejemplo, de ser estadísticamente significativos (ya sea conjuntamente o

## Transformación de la Economía caucana

individualmente) los coeficientes  $b_2$  y  $b_4$ , esto implicará que existe una diferencia en el comportamiento de la variable bajo estudio antes y después de la Ley. Si el signo de dichos coeficientes es positivo (negativo), implicará un aumento (disminución) de la variable después de la Ley.

Para cada uno de los parámetros de calidad del agua se realizaron estimaciones del modelo descrito en (4), para las 4 estaciones de monitoreo consideradas. Los resultados estadísticos se presentan en el anexo estadístico de este capítulo.

De los modelos estadísticos estimados (reportados en el anexo de este capítulo) se puede concluir 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. También en el Río Palo se da un aumento de los Sólidos Totales a partir de la Ley Páez. No obstante, los niveles de sólidos totales en el río Palo adquieren una tendencia decreciente a partir del año 2002.

## 6.2 Efecto sobre el aire

La calidad del aire se refleja muy rápidamente en la salud humana, es así como las enfermedades respiratorias pueden emplearse como un indicador de la calidad de este recurso. Por ejemplo, para determinar el efecto de la Ley Páez sobre el aire, se puede comparar

---

**22** La explicación de la escogencia de esta especificación del modelo puede encontrarse en Mora y Durán (2007).

las diferencias (de existirlas) en la morbilidad respiratoria entre los municipios que se encuentran bajo la influencia de la Ley Páez y los que no lo están.

De las enfermedades respiratorias sobre las cuales existe un registro en el departamento del Cauca para el año 2005,<sup>23</sup> sobresale la IRA (Infección Respiratoria Aguda) como una enfermedad que permite observar un posible impacto de la calidad del aire sobre la salud humana.

**Tabla 13. Promedios de las tasas de IRA por cien mil habitantes (2005)**

<i>Grupo de municipios</i>	<i>Promedio tasa ira menores de 5 años</i>	<i>Promedio tasa ira mayores de 5 años</i>	<i>Promedio tasa ira todos</i>
Ley Páez	3046.8	4522.14	7568.94
No ley Páez	2641.03	4373.43	7014.46
¿son estadísticamente diferentes?*	No con un nivel de confianza del 99%	No con un nivel de confianza del 99%	No con un nivel de confianza del 99%

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

\* Ver Mora y Durán (2007) para una prueba forma

Existe una pequeña diferencia entre los promedios de casos reportados en los municipios bajo la influencia de la Ley Páez y aquellos que no (Ver Tabla 13). Los municipios de la Ley Páez presentan promedios superiores al grupo restante. Este resultado parecería indicar un posible 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 estadística para

**23** Esta información es tomada de la base de la Secretaría Departamental de Salud del Cauca para el año 2005.

## **Transformación de la Economía caucana**

contrastar la diferencia de los promedios entre ambos grupos de municipios. Mora y Durán (2006) presentan las correspondientes pruebas de hipótesis, cuyos resultados se resumen en la última línea de la Tabla 13. Estos resultados muestran que no existe evidencia estadística de que exista una diferencia entre los promedios de las tasas de IRA en ambos grupos de municipios. En otras palabras, vivir 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.

Lastimosamente la información ambiental disponible no permite realizar un análisis más profundo; en este orden de ideas 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.

### **6.3 Referencias bibliográficas**

**Mora, J. y J. Durán (2006)** “Impacto de la Ley Páez sobre el Medio Ambiente”, documentos de trabajo del CIENFI No. 7

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

## 6.4 ANEXO: Resultados Estadísticos

**Tabla 14. Estimación del Modelo por MCO para la variable Evolución de PH.**

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (PH OVEJAS)	LN (PH BOLSA)	LN (DIFERENCIA DEL PH OVEJAS-BOLSA)	LN (PH PALO)
<b>CONSTANTE</b>	1.82992 (44.15)	1.9052 (74.73)	-1.0087 (-2.62)	2.00788 (87.17)
<b>TENDENCIA</b>	0.01203 (1.2)	0.00286 (0.47)	-0.11051 (-1.18)	-0.00384 (-0.74)
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)</b>	-0.07534 (-1.18)	-0.02138 (-0.55)	1.11513 (-1.92)	-0.04223 (-1.34)
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)</b>	-0.00261 (-0.60)	0.00401 (1.5)	0.06648 (1.57)	0.00591 (2.68)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.1379	0.50493	0.4922	0.641
<b>F</b>	0.59	3.74	3.23	5.95
<b>Prueba de hipótesis (prob &gt;F)</b>	0.5172 (No rechazo Ho)	0.1445 (No rechazo Ho)	0.1713 (No rechazo Ho)	0.0064 (rechazo Ho)
<b>No. Observaciones</b>	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis

**Tabla 15. Estimación del Modelo por MCO para la variable 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)
<b>CONSTANTE</b>	4.91951 (22.61)	5.15587 (32.49)	3.33705 (5.39)	5.38442 (23.51)
<b>TENDENCIA</b>	-0.03404 (-0.65)	-0.01279 (-0.33)	0.12523 (0.8)	0.07057 (1.37)
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)</b>	0.0131 (-0.04)	-0.1419 (-0.58)	-0.21872 (-0.21)	-0.08267 (-0.26)
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)</b>	0.02829 (1.24)	-0.00788 (-0.47)	-0.05542 (-0.75)	-0.06493 (-2.96)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.1568	0.1219	0.1678	0.5353
<b>F</b>	0.68	0.51	0.54	3.84
<b>Prueba de hipótesis (prob &gt;F)</b>	0.3944 (No rechazo Ho)	0.577 (No rechazo Ho)	0.7454 (No rechazo Ho)	0.0245 (rechazo Ho al 5%)
<b>No. Observaciones</b>	15	15	15	14

Nota: t-estadístico entre paréntesis

Transformación de la Economía caucana

Tabla .16 Estimación del Modelo por MCO para la variable DBO5

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (DBO <sub>5</sub> OVEJAS)	LN (DBO <sub>5</sub> BOLSA)	LN (DIFERENCIA DBO OVEJAS-BOLSA)	LN (DBO <sub>5</sub> 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)
R <sup>2</sup>	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

Tabla 17. Estimación del Modelo por MCO para la variable 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)
R <sup>2</sup>	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

**Tabla .18 Estimación del Modelo por MCO para la variable Oxígeno Disuelto**

Variable independiente	VARIABLE DEPENDIENTE			
	LN (OXÍGENO DISUELTO OVEJAS)	LN (OXÍGENO DISUELTO BOLSA)	LN (DIFERENCIA OXÍGENO DISUELTO OVEJAS-BOLSA)	LN (OXÍGENO DISUELTO PALO)
<b>CONSTANTE</b>	1.62527 (9.06)	2.05438 (13.57)	0.61062 (0.99)	1.4027 (6.35)
<b>TENDENCIA</b>	-0.03143 (-0.73)	-0.07612 (-2.09)	-0.15254 (-1.02)	0.02196 -0.44
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA CONSTANTE)</b>	0.16847 (0.61)	0.41493 (1.78)	1.17446 (1.26)	-0.06269 (-0.21)
<b>DUMMY (CAMBIO EN LA TENDENCIA)</b>	0.00841 (0.45)	0.02422 (1.53)	0.02558 (0.37)	-0.01289 (-0.61)
<b>R<sup>2</sup></b>	0.0506	0.2853	0.1465	0.0377
<b>F</b>	0.2	1.46	0.57	0.13
<b>Prueba de hipótesis (prob &gt;F)</b>	0.2 (no rechazo Ho)	0.2039 (no rechazo Ho)	0.466 (no rechazo Ho)	0.8269 (no rechazo Ho)
<b>No. Observaciones</b>	15	15	15	14

**Nota:** t-estadístico entre paréntesis