



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE PETROQUÍMICA

**“Biochar proveniente de residuos agrícolas ecuatorianos para el
mejoramiento de la calidad de agua del río Cutuchi”**

Realizado por:

Morales Cunuhay Katherine Yajaira

Tovar Villavicencio Estefania Araceli

Tutor:

Dr. Navas Cárdenas, Carlos Andrés

Latacunga, 2024



- Introducción
- Objetivos
- Metodología
- Resultados
- Conclusiones
- Recomendaciones

Contaminación del río Cutuchi



→ Nitratos y fosfatos

Incremento de ion fosfato.

→ Presencia de metales

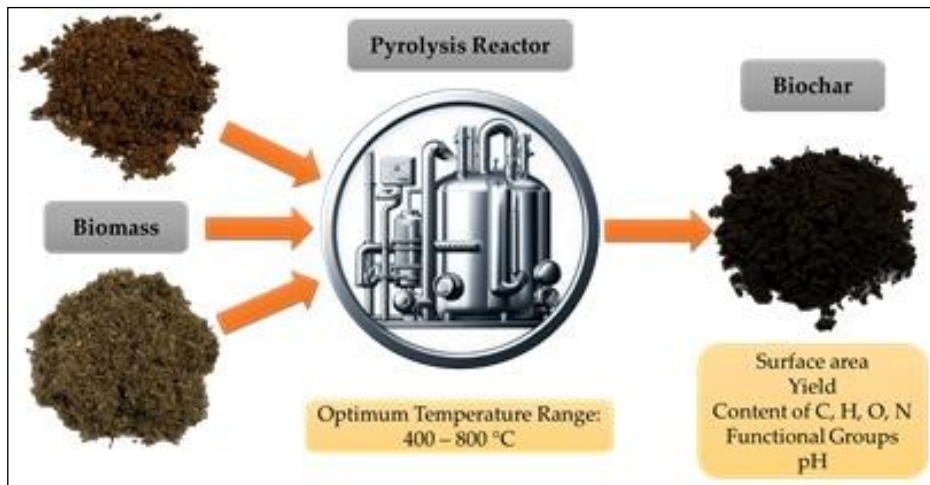
cadmio, cromo, boro a lo largo del río.

→ Actividades agrícolas



Técnicas de preparación del biocarbón

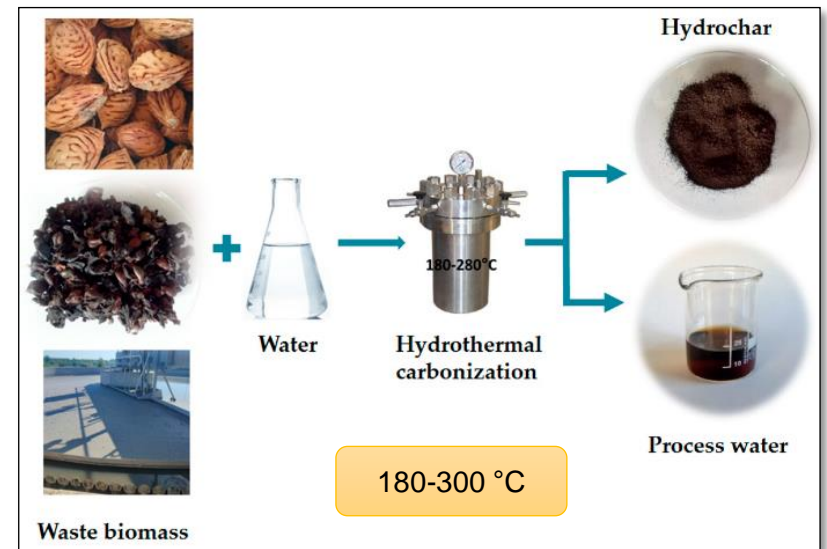
Pirólisis



Descomposición de componentes orgánicos.

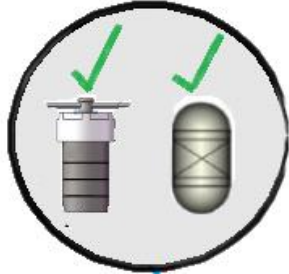
Mayor rendimiento de biocarbón.

Carbonización Hidrotermal



El hidrocarbón se puede emplear como combustible, precursor de carbón activado.

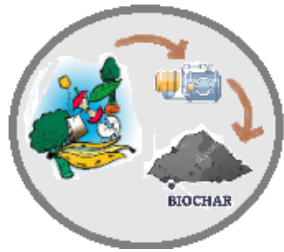
- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



Objetivo general

Estudiar el efecto del método de síntesis sobre la capacidad de remoción de contaminantes del río Cutuchi obtenida con distintos tipos de biocarbón provenientes de residuos agrícolas ecuatorianos.

Objetivos específicos



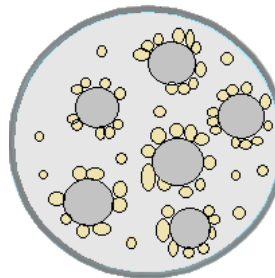
Sintetizar biocarbón a partir de residuos agrícolas, mediante pirólisis y la carbonización hidrotermal.



Analizar las propiedades fisicoquímicas de los tipos de biocarbón mediante técnicas espectrométricas.

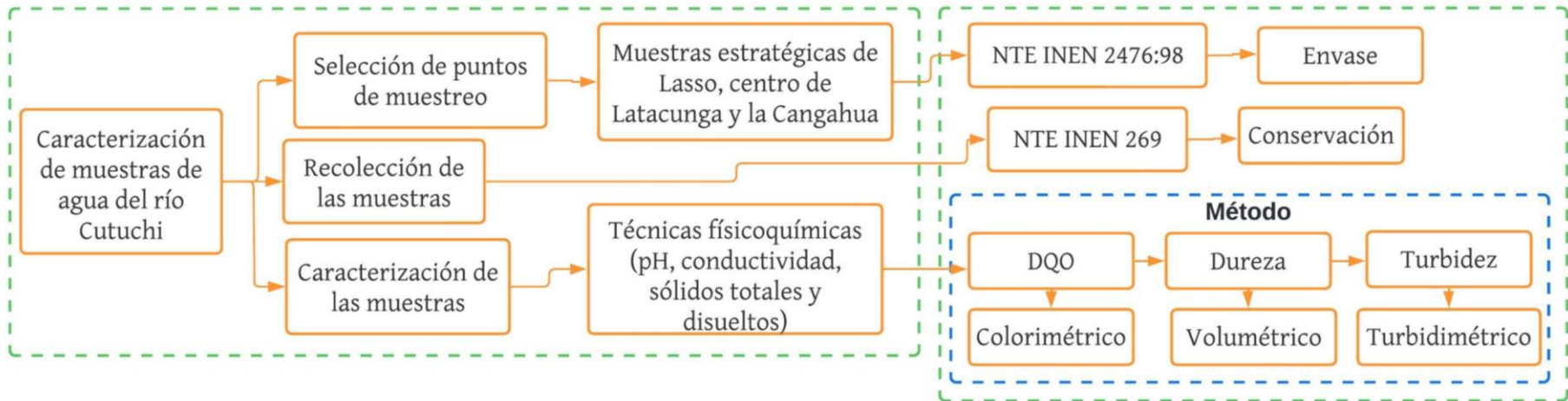
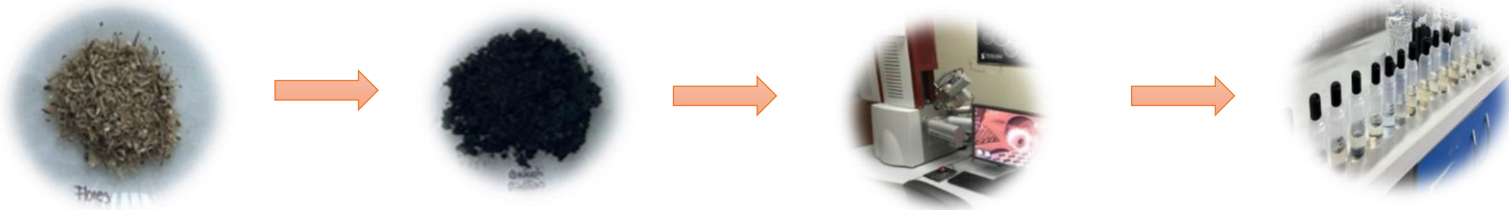
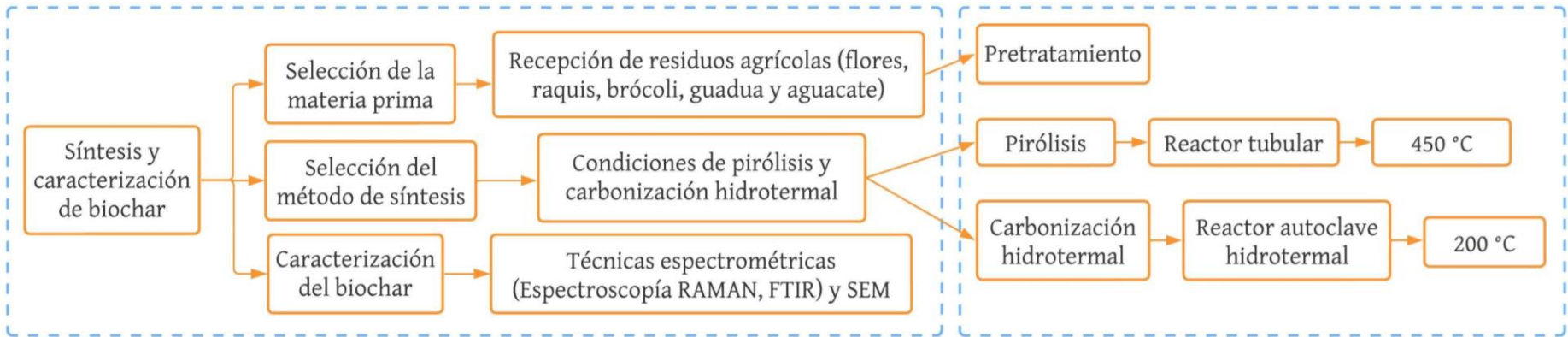


Evaluar la calidad fisicoquímica del agua del río Cutuchi en distintos puntos de la provincia de Cotopaxi empleando técnicas de análisis químico.

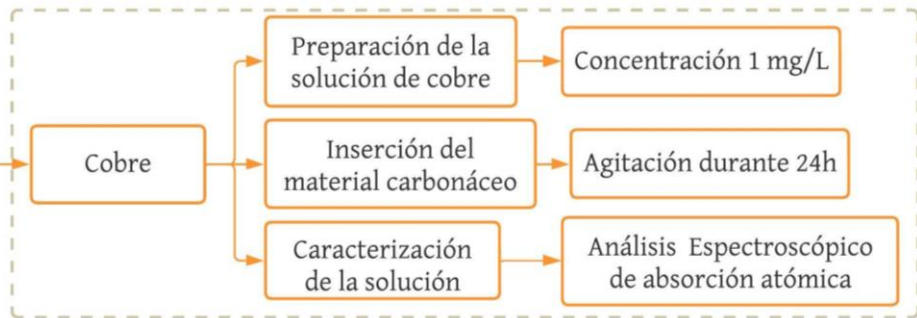
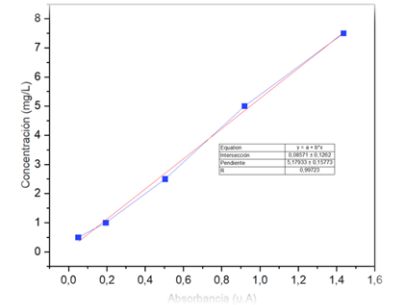
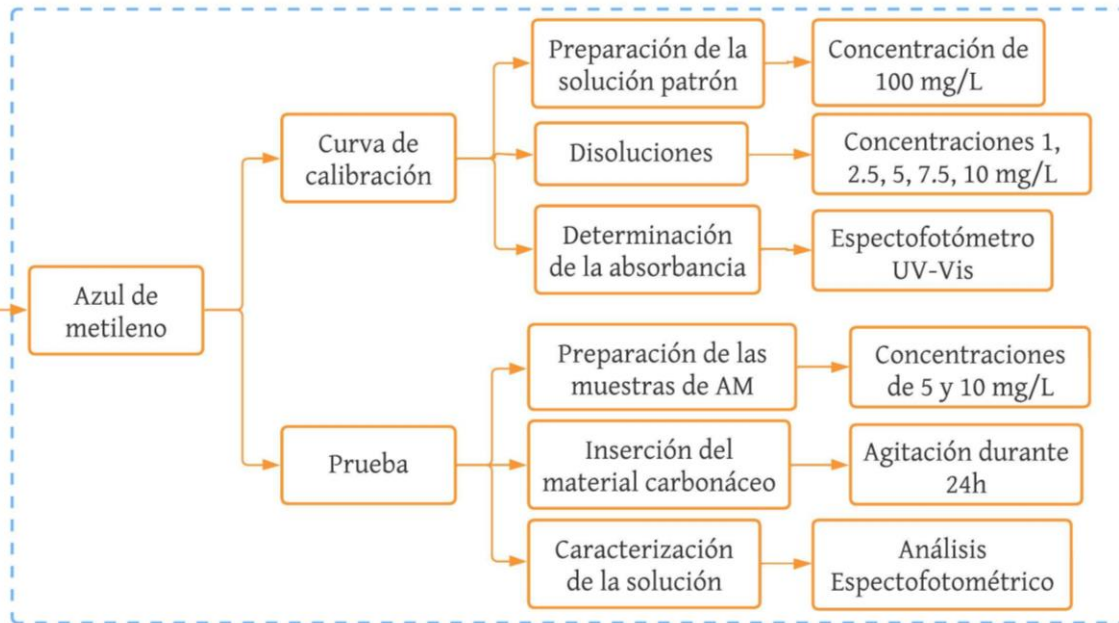
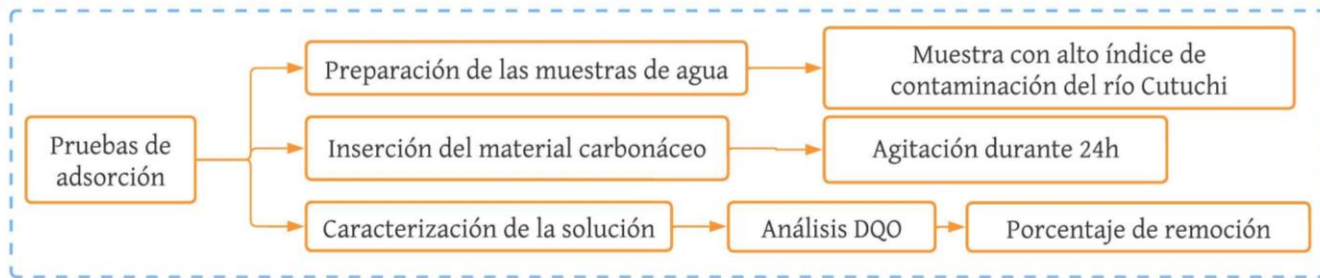


Estudiar la capacidad de remoción de contaminantes del río Cutuchi de los materiales carbonáceos obtenidos por pirólisis y carbonización hidrotermal provenientes de residuos agrícolas.

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



Metodología



- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**

Rendimiento alcanzado.

Figura 1 Efectos del método de síntesis en el rendimiento del biocarbón.

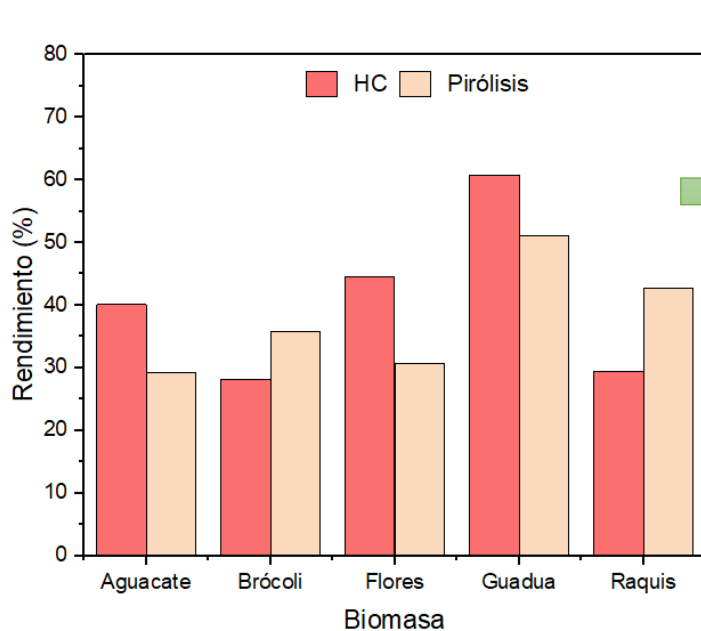


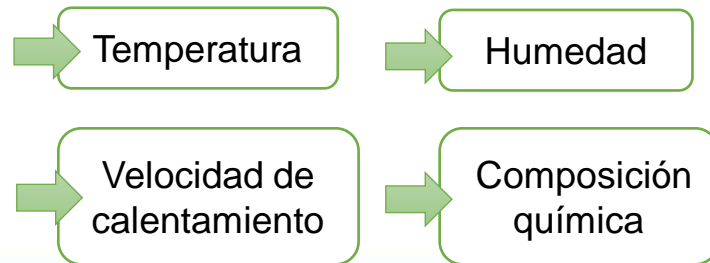
Tabla 1 Rendimiento de los tipos de biocarbón obtenidos.

Tipo de biocarbón	Carbonización hidrotermal			Pirólisis		
	Biomasa (g)	Biocarbón (g)	Rendimiento (%)	Biomasa (g)	Biocarbón (g)	Rendimiento (%)
Aguacate	5	2.00	40.06	100	29.23	29.23
Brócoli	5	1.41	28.20	60	21.52	35.86
Flores	5	2.23	44.60	85.70	26.35	30.74
Guadua	5	3.04	60.80	60	30.65	51.08
Raquis	5	1.47	29.40	60	25.58	42.63

40.61%

37.91%

Factores que afectan el rendimiento...



Espectroscopía Raman.

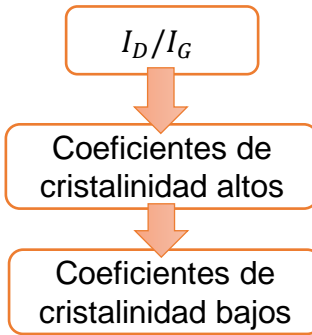
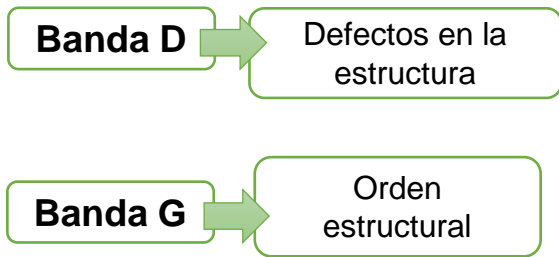


Figura 2 Espectros Raman normalizados para cada biocarbón.

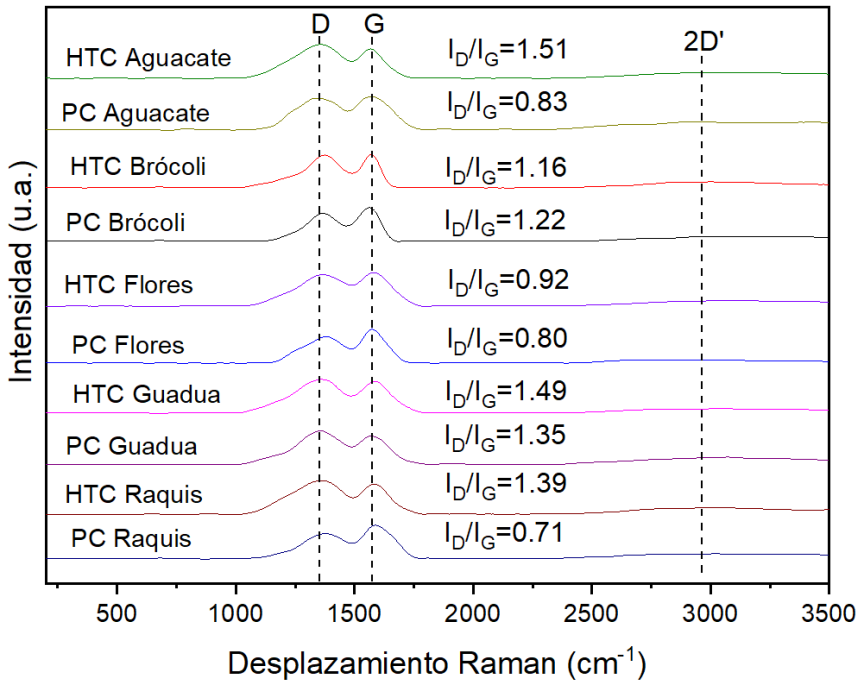
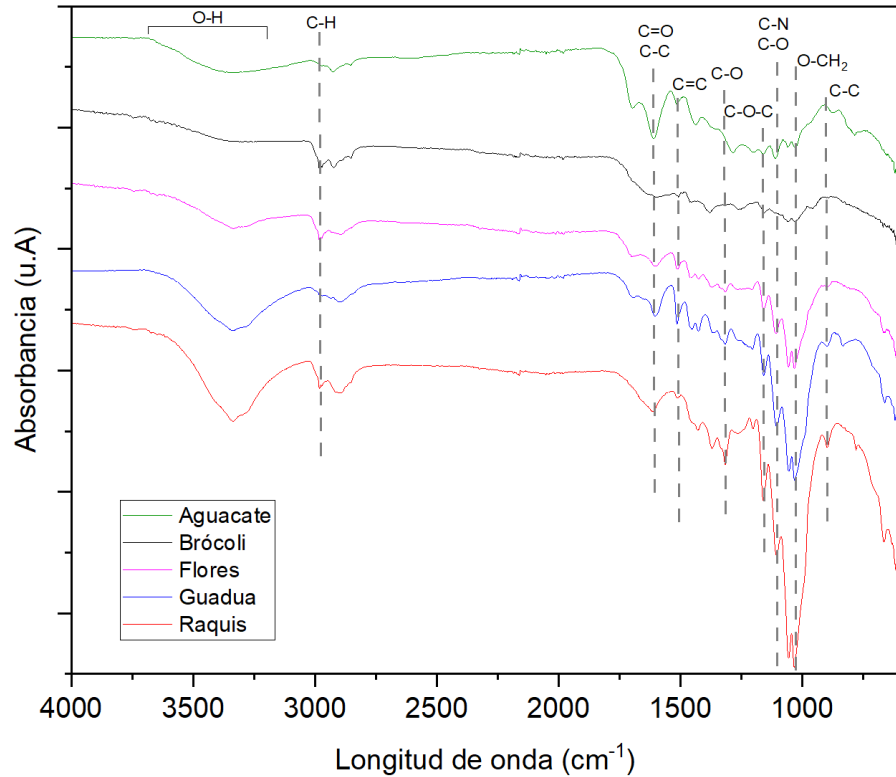


Tabla 2 Posición del pico y coeficiente de intensidad.

Método de síntesis	Muestra	Posición del pico		
		Banda D (cm ⁻¹)	Banda G (cm ⁻¹)	(I_D/I_G)
Pirólisis	Aguacate	1346.09	1575.18	0.83
	Brócoli	1369.50	1565.25	1.22
	Flores	1385.11	1573.05	0.8
	Guadua	1358.60	1573.05	1.35
	Raquis	1377.30	1588.65	0.71
Carbonización Hidrotermal	Aguacate	1361.70	1565.25	1.51
	Brócoli	1372.34	1570.21	1.16
	Flores	1366.67	1582.98	0.92
	Guadua	1361.70	1588.65	1.49
	Raquis	1361.70	1582.98	1.39

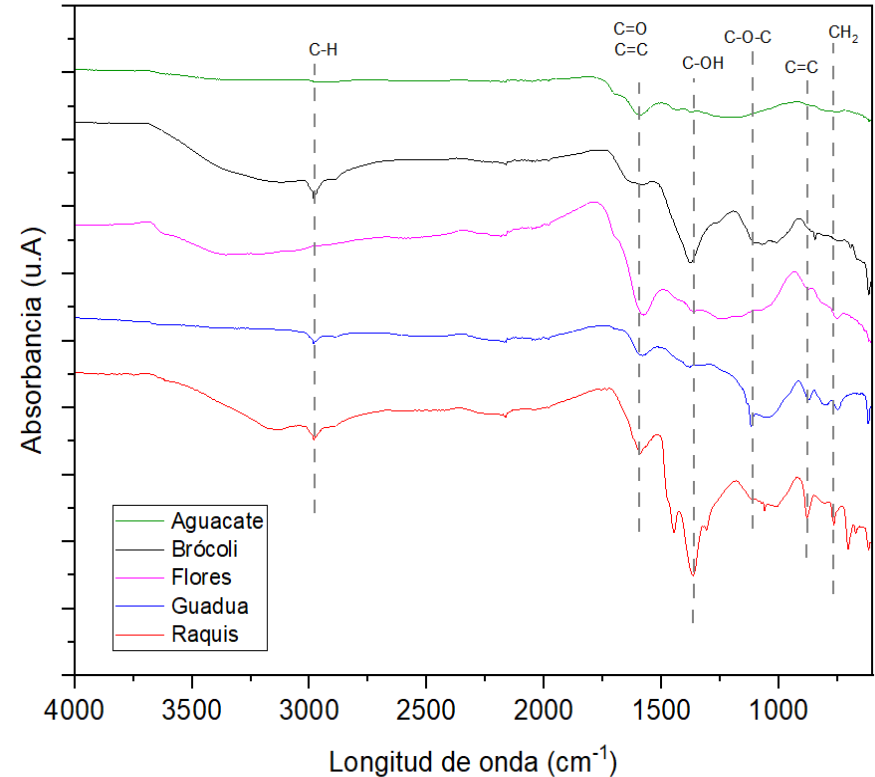
Espectroscopía FTIR.

Figura 3 Espectros de biocarbón obtenido por HTC.



Picos cm^{-1}	Grupos
3335	Alcoholes o fenoles
2935-2860	Hidrocarburos alifáticos
1612	Aromáticos (C=C), cetonas y quinonas (C=O)
1316	Ácidos carboxílicos

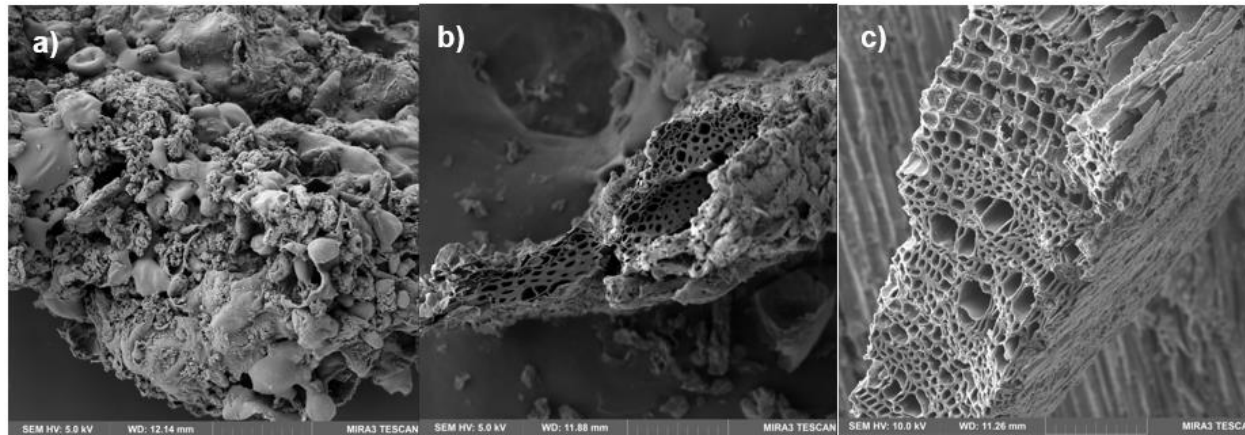
Figura 4 Espectros de biocarbón obtenido por pirólisis.



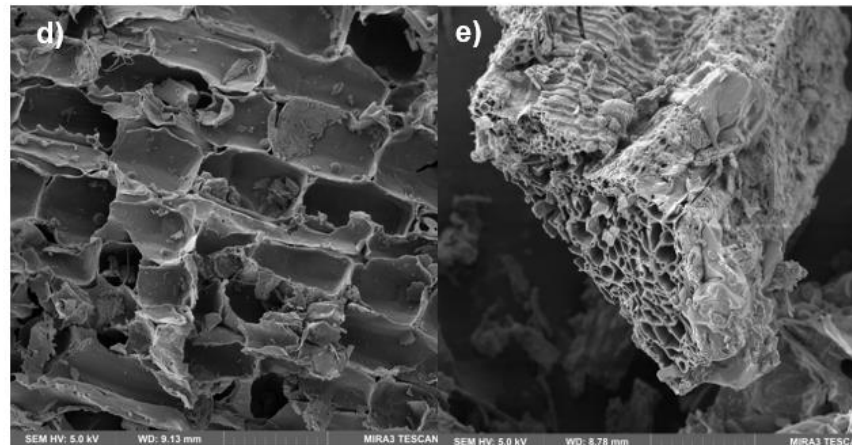
Picos cm^{-1}	Grupos
2981	CH_2 y CH_3
1591	Aromáticos y carboxílicos
1117	Grupos éter

Microscopía SEM.

Figura 4 Morfología de biocarbón obtenidos utilizando SEM, a) aguacate, b) brócoli, c) flores, d) guadua y e) el raquis.



Menos áreas porosas.

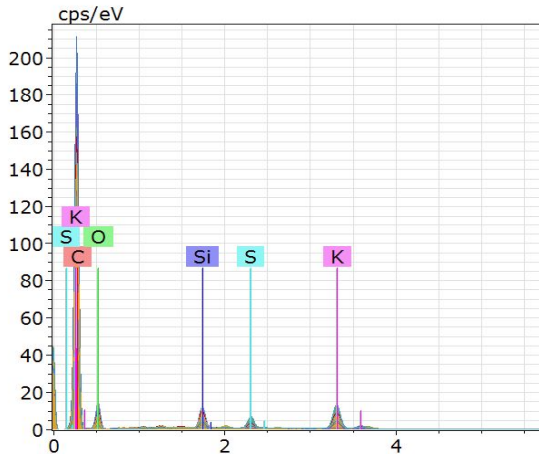


Tubos capilares: mayor capacidad de adsorción. Facilita la adhesión de contaminantes a su estructura porosa.

Microscopía SEM-EDS.

Tabla 3 *Análisis elemental de muestras de biocarbón obtenido mediante SEM-EDS.*

Biocarbón	Composición									
	C	O	Na	Si	Mg	P	S	Cl	K	Ca
Aguacate	66.37	6.86	-	-	0.33	0.51	-	-	5.93	-
Brócoli	56.26	26.84	0.57	-	0.33	0.79	0.35	2.24	11.72	0.89
Flores	72.90	22.18	-	-	0.37	0.39	-	-	3.25	0.88
Guadua	77.72	18.50	-	0.69	-	-	0.57	-	2.53	-
Raquis	59.06	25.82	-	-	-	0.17	-	0.37	13.87	0.70



Ausencia de nitrógeno

Relación O/C mayor a 0.3



Bajo nivel de aromaticidad

Análisis de las propiedades fisicoquímicas de las muestras del río Cutuchi.

Tabla 4 *Propiedades de los tres puntos de muestreo.*

Parámetros	Unidad	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Límite permisible	Conformidad
pH	pH	8.51	8.75	7.03	6.5-9.5	Cumple
Temperatura	°C	13.6	15.3	17.2	<40	Cumple
Conductividad	μS/cm	358.3	764	1131	70-300	No cumple
Sólidos totales	mg/L	800	760	1480	1600	Cumple
Sólidos disueltos	mg/L	520	565	1200	500	No cumple



TULSMA

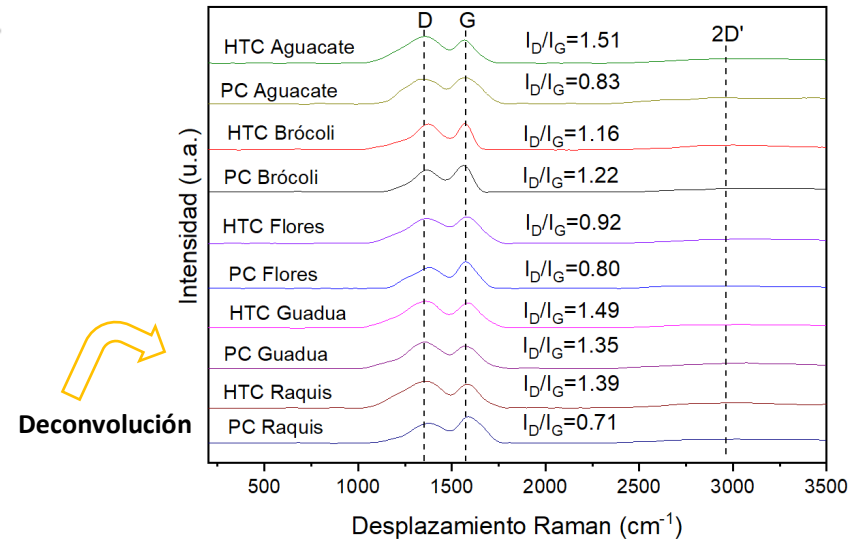
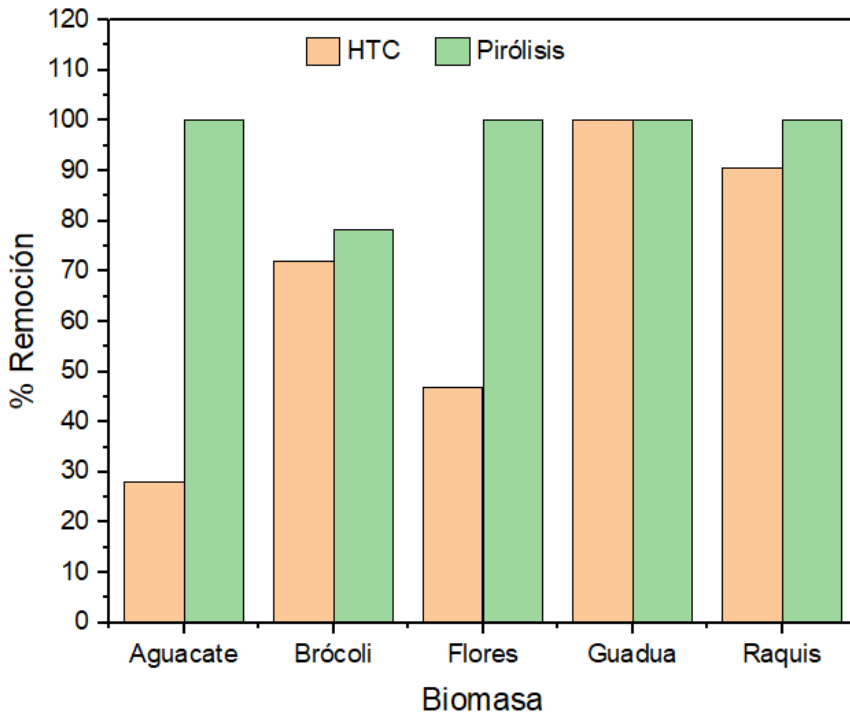
Análisis de las propiedades fisicoquímicas de las muestras del río Cutuchi.

Tabla 5 *Propiedades adicionales del punto 2 (Latacunga centro).*

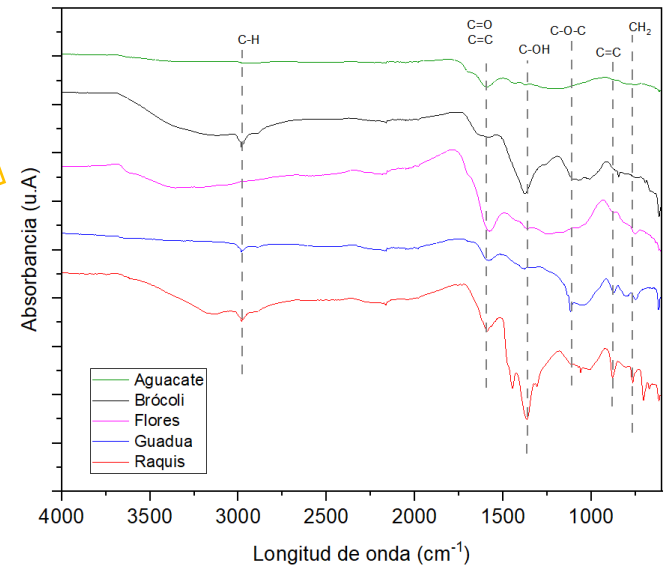
Parámetros	Unidad	Resultado	*Límite permisible	Conformidad
Cloro libre residual	mg/L	0.05	Ausencia	No cumple
Color aparente	Pt/Co	15.3	<45	Cumple
Dureza total	mg CaCO ₃ /L	453.7	300	No cumple
Turbidez	NTU	7.21	<1	No cumple
DQO	mg/L	32	<4	No cumple
Aerobios Mesófilos	UFC/mL	90	25-100	Cumple
E. Coli	UFC/100 mL	<1	10	Cumple
Pseudomonas aeruginosa	UFC/100 mL	<1.8	<1.1	No cumple

Remoción de DQO en muestras del río Cutuchi.

Figura 5 Porcentaje de remoción de DQO en muestras del río Cutuchi.



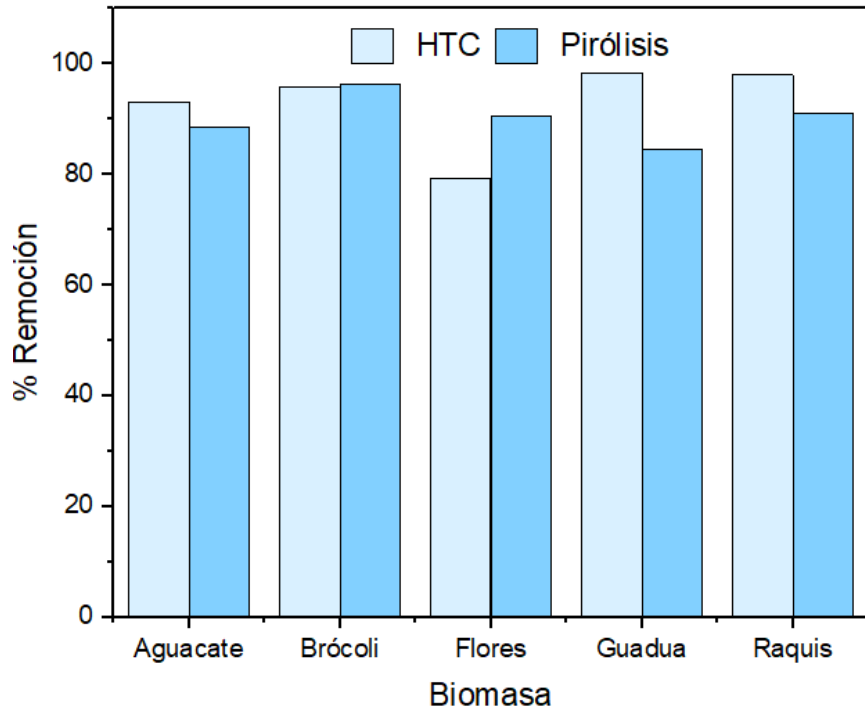
Deconvolución



FTIR

Análisis de resultados de pruebas adicionales de adsorción.

Figura 6 Porcentaje de remoción con solución de 5 ppm de AM.

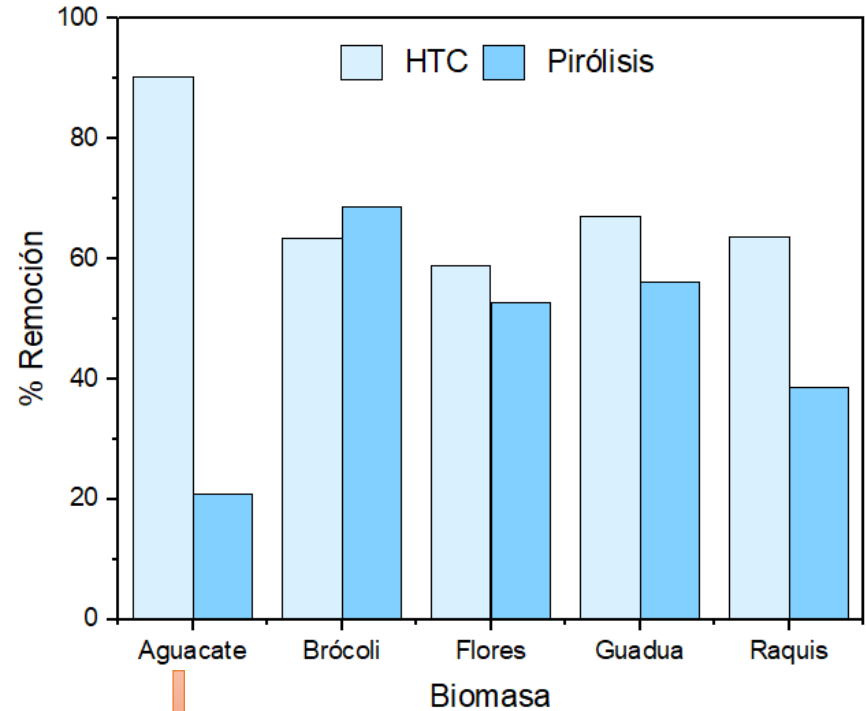


Eficiencia de remoción...

Tamaño de poros

Grupos funcionales

Figura 7 Porcentaje de remoción con solución de 10 ppm de AM.

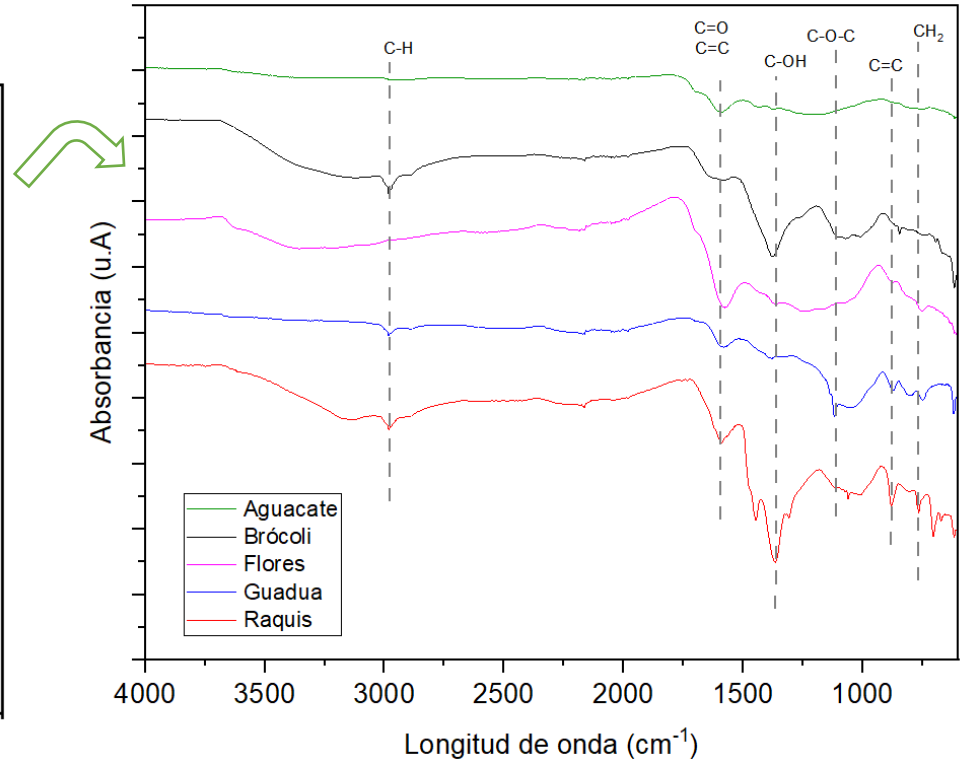
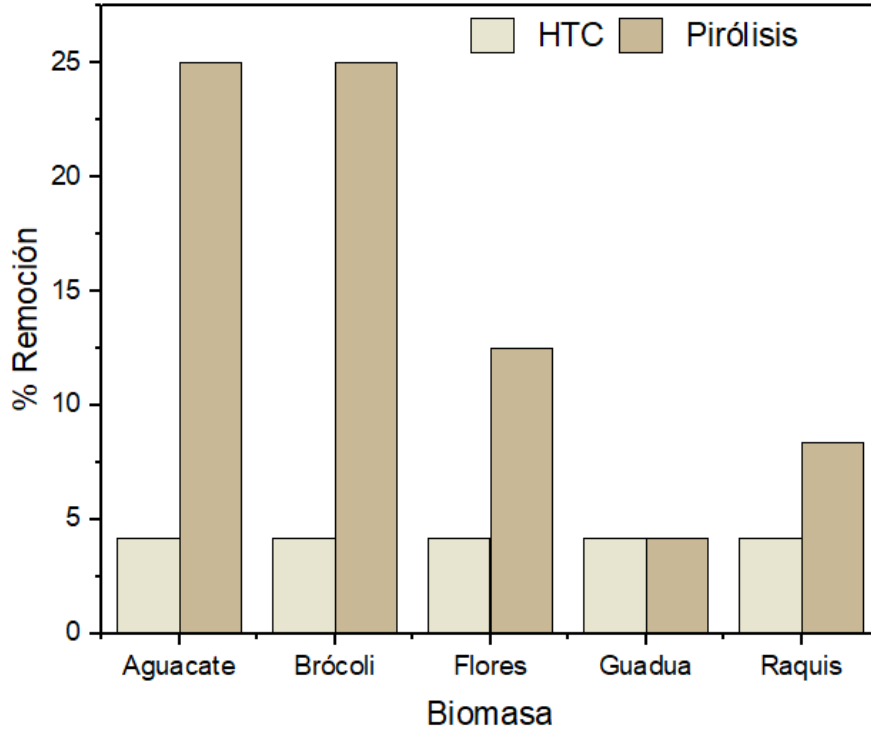


$I_D/I_G = 1.51$

Disponibilidad de sitios activos

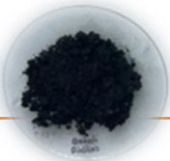
Prueba de adsorción con solución de cobre.

Figura 8 Porcentaje de remoción de cobre después del tratamiento.

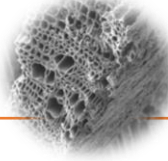


1750-1600 cm^{-1} grupos olefínicos y estructuras aromáticas.

- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



- Se obtuvo el producto esperado.
- Rendimientos del 40.61% para HTC.
- Rendimientos del 37.91% para pirólisis.
- Atribuido a la composición de la biomasa y condiciones de tratamiento.



- Raman. Orden estructural y cantidad de grupos funcionales.
- FTIR-ATR. Grupos funcionales presentes.
- SEM. Morfología y composición de las muestras de biocarbón obtenidos por pirólisis.



- Para verificar el nivel de contaminación de río Cutuchi.
- Parámetros como pH, conductividad, contenido de sólidos.
- Pto 2. Dureza, turbidez, DQO (32 mg/L), E. coli y psedomnas aeruginosa



- Capacidad de adsorción con la muestra del Pto 2.
- Resultados de 100% con biocarbones por pirólisis.
- Porcentajes de 100%, 90.63%, 28.13%, 71.88% y 46.88% para biocarbones de aguacate, brócoli, flores, guadua y raquis.

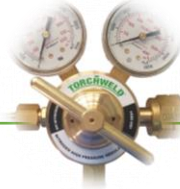


- AM (catiónico). Porcentajes de 98.23%, 98.97% atribuido para muestras de guadua y raquis obtenidas por HTC. Para el biocarbón de brócoli obtenido por ambos métodos fue de 95.78% y 96.21%.
- Cobre. Porcentajes del 25% para aguacate y brócoli para biocarbones por pirólisis y 4.17% para muestras obtenidas por HTC.

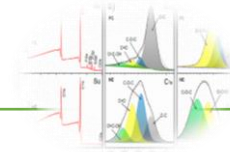
- **Introducción**
- **Objetivos**
- **Metodología**
- **Resultados**
- **Conclusiones**
- **Recomendaciones**



Estudiar la **influencia de ciertos parámetros en el proceso de pirólisis** como temperatura, tiempo de residencia, velocidad de calentamiento en las propiedades y características del biocarbón.



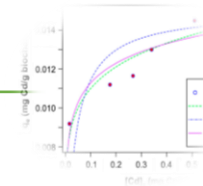
Mantener la tasa de calentamiento, el tiempo de residencia, el flujo del inerte, para todas las experimentaciones.



Es necesario **caracterizar los materiales** obtenidos con una amplia variedad de pruebas que permitan establecer una relación de los resultados que presente cada una.



Se sugiere estudiar la adición de **agentes activadores** del biocarbón, como ácidos con el fin de mejorar las capacidades adsorbentes del material.



Realizar estudios completos de adsorción para evaluar **isotermas** y la **cinética** del proceso.

*Muchas
Gracias!*