

## **Evaluación de la calidad biológica de los suelos de dos ecosistemas pertenecientes a la isla de Tenerife**

**Evaluation of the biological quality of the soils of two ecosystems belonging to the island of Tenerife**



**Trabajo de Fin de Grado**

**Myriam Díaz Rodríguez**

**Tutores: Dra. Carmen D. Arbelo Rodríguez y Dr. Antonio Rodríguez Rodríguez**

**Grado de Biología, Septiembre 2018**

# Índice

<b>1</b>	<b>Resumen</b> .....	<b>3</b>
	<b>Abstract</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>4</b>
2.1	La calidad del suelo.....	4
2.2	Los ecosistemas de Pinar y Laurisilva .....	6
<b>3</b>	<b>Objetivo</b> .....	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Material y Métodos</b> .....	<b>8</b>
4.1	Zonas de Muestreo.....	8
4.1.1	Descripción de los perfiles.....	9
4.2	Recogida de muestras .....	10
4.3	Tratamiento de muestras en laboratorio .....	10
4.4	Métodos .....	11
4.4.1	Humedad de las muestras.....	11
4.4.2	Densidad aparente .....	11
4.4.3	Respiración del suelo en el campo.....	12
4.4.4	Respiración del suelo mediante incubación en laboratorio.....	13
4.4.5	Carbono orgánico oxidable total.....	14
4.4.6	Carbono soluble en agua.....	15
4.4.7	Actividad Deshidrogenasa.....	16
4.4.8	Actividad CM-Celulasa .....	17
4.4.9	Índice de calidad biológica.....	17
<b>5</b>	<b>Resultados y Discusión</b> .....	<b>18</b>
5.1	Porcentaje de humedad, densidad aparente y capacidad de campo .....	18
5.2	Respiración del suelo en el campo .....	20
5.3	Respiración del suelo mediante incubación en laboratorio.....	21
5.4	Carbono orgánico oxidable total.....	23
5.5	Carbono soluble en agua .....	24
5.6	Actividad Deshidrogenasa.....	25
5.7	Actividad CM-Celulasa .....	26
5.8	Índice de calidad biológica .....	27
<b>6</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>29</b>
	<b>Conclusions</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Bibliografía</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>Anexos</b> .....	<b>32</b>

## 1 Resumen

En el presente trabajo se pretende hacer una evaluación y comparación de la calidad biológica de los suelos de dos zonas de la isla de Tenerife. Para ello se seleccionan dos parcelas, siendo cada una de ellas representativa de un bosque típico de la isla como son el pinar y la laurisilva. Ambos ecosistemas tienen características singulares y diferentes entre sí, y son resultado de la interacción de muchos factores como son el origen y composición de los suelos, altitud, orientación, humedad, condiciones climáticas, etc., dando como resultado un suelo en el que prolifera tanto fauna como flora característica y propia de cada sitio.

La evaluación de la calidad biológica de los suelos calculada mediante un índice nos da información del estado de conservación o degradación en que se encuentran éstos. El índice de calidad biológica se calcula a partir del análisis de los siguientes parámetros: carbono orgánico oxidable total, respiración del suelo en el campo, respiración del suelo mediante incubación en el laboratorio, carbono extraíble con agua fría y agua caliente y la actividad de dos enzimas, deshidrogenasa y CM-celulasa. Una vez obtenidos los resultados se hace una comparativa entre ambos suelos para determinar cuál de los dos presenta una mayor calidad.

**Palabras clave:** Carbono, calidad biológica, respiración, CM-celulasa, deshidrogenasa.

## Abstract

In the present work we intend to make an evaluation and comparison of the biological quality of the soils of two zones on the island of Tenerife. To do this, two plots have been selected, each of which is representative of a typical forest of the island, such as pine and laurisilva. Both ecosystems have unique and different characteristics, and are the result of the interaction of many factors, such as the origin and composition of soils, altitude, orientation, humidity, climatic conditions, etc., resulting in a soil in the that proliferates fauna and flora characteristic and own of each site.

The evaluation of the biological quality of the soils is calculated by means of an index, which gives us information of the state of conservation or degradation in which they are. The biological quality index is calculated from the analysis of the following parameters: total oxidizable organic carbon, soil respiration in the field, soil respiration by incubation in the laboratory, extractable carbon with cold water and hot water and the activity of two enzymes, dehydrogenase and CM-cellulase. Once the results are obtained, a comparison is made between both soils to determine which of the two presents a higher quality.

**Keywords:** Carbon, biological quality, respiration, CM-cellulase, dehydrogenase.

## 2 Introducción

El suelo es un sistema vivo, dinámico y no renovable que desempeña un papel fundamental en el equilibrio global de la tierra, permitiendo la vida en ella. Dentro de sus numerosas funciones destacan la producción de biomasa y ciclo de nutrientes, la purificación del agua y reducción de contaminantes del suelo y el aire, la regulación del clima, etc. Hace posible el crecimiento de plantas proporcionándoles nutrientes y anclaje y, en definitiva, hace de la tierra un lugar habitable para la vida vegetal y animal.

El suelo es, además, el soporte de todas las actividades humanas proporcionándole espacio y recursos, y es precisamente la mano del hombre uno de los principales motivos de la degradación de los suelos junto con la erosión hídrica y eólica. Las principales actividades humanas que han provocado la degradación de los suelos del planeta son la deforestación y explotación de los bosques, el sobrepastoreo o las actividades industriales. Éste uso incontrolado del suelo ha ocasionado un importante deterioro de las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos, produciendo una disminución progresiva de su potencialidad para secuestrar carbono y otras funciones.

### 2.1 La calidad del suelo

Se puede definir la degradación del suelo como la pérdida de calidad y cantidad del suelo, tratándose de la pérdida parcial o total de la productividad del

suelo, cualitativa y/o cuantitativa, como resultado de procesos tales como la erosión hídrica, erosión eólica, salinización, deterioro de la estructura, encostramiento, contaminación y pérdida de elementos nutritivos, desertificación, etc. (López Bermúdez, 1994). Es, por tanto, esa pérdida de calidad de los suelos lo que los convierte en suelos pobres y degradados, siendo menos eficientes a la hora de realizar sus funciones.

La calidad de un suelo no es una característica cuantitativa medible, sino un concepto asociado a las múltiples funciones de éste y sus procesos relacionados. La definición más aceptada para el término "calidad del suelo" es la descrita por Doran y Parkin (1994), que la definieron como "la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites ecológicos, para sostener la productividad biológica, manteniendo la calidad ambiental, y promoviendo la salud de la flora y la fauna".

Conscientes del papel fundamental del suelo en los procesos biológicos y geoquímicos, y del aumento de la degradación y desertificación que sufre a nivel global, en las últimas décadas se ha incrementado por parte de los investigadores el interés por la búsqueda de indicadores que permitan conocer y evaluar la calidad de éste. Para ello se ha propuesto el empleo de un mínimo de parámetros para estimar los cambios en la calidad del suelo, y, pese a no existir una idea clara sobre qué indicadores son los más adecuados, se deben elegir parámetros que cumplan los siguientes criterios:

- a) Abarcar procesos del ecosistema.
- b) Integrar propiedades y procesos físicos, químicos y biológicos.
- c) Ser accesible a muchos usuarios y aplicable en las condiciones de campo.
- d) Ser sensible a variaciones en el manejo y en el clima.
- e) Si es posible, que sean parámetros que existan en bases de datos de suelos.

El concepto de calidad del suelo y su evaluación mediante un índice, por tanto, surge como una herramienta más que permite evaluar el estado en el que se encuentran los suelos como consecuencia de los procesos de degradación mediante el estudio de propiedades cuantificables de éstos. Los índices de

calidad aportan valiosa información que sirve para hacer un diagnóstico lo más cercano posible a la realidad en que se encuentran los suelos, permitiendo definir posteriormente estrategias de recuperación y conservación específicas para cada caso.

## **2.2 Los ecosistemas de Pinar y Laurisilva**

Las Islas Canarias se caracterizan por presentar una alta variabilidad climática derivada del contraste en sus condiciones geográficas (orografía, distancia al continente), de su localización oceánica, de la incidencia regular de los vientos alisios y ocasionales de vientos saharianos, y de la presencia de una corriente oceánica fría. La transición entre los alisios de componente nordeste y noroeste produce una inversión térmica que restringe verticalmente el sistema nuboso por encima de los 1.400-2.000 metros de altitud en las fachadas septentrionales. Estas singulares condiciones geográficas han propiciado la existencia de una gran variabilidad climática en las islas, dando lugar a un número importante de mesoclimas diferentes en el Archipiélago y que se refleja en la variación de parámetros climáticos como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa o la insolación (Fernández-Palacios, 1999; García-Talavera, 1999; Fernández- Palacios *et al.*, 2001).

Los ecosistemas de las Islas Canarias se caracterizan generalmente por su fragilidad, presentando graves limitaciones climáticas, topográficas y edáficas, de manera que son extremadamente sensibles a los procesos de degradación ambiental. Ejemplo de ello es la degradación de la cubierta vegetal en las Islas, con el consiguiente reemplazo de las comunidades maduras por otras de sustitución, la pérdida de biodiversidad, la disminución de los recursos hídricos y sobre todo la degradación de los suelos (Rodríguez Rodríguez *et al.*, 1998; Rodríguez Rodríguez, 2002).

Los bosques de pinar de la isla de Tenerife se pueden encontrar entre los 400 y los 2000 metros sobre el nivel del mar. Los suelos de pinar están formados por materiales volcánicos entre los que predominan los piroclastos y las coladas basálticas y sálicas. Estas zonas se caracterizan por presentar un paisaje compuesto por laderas de pendiente de media a elevada y barrancos encajados.

Las temperaturas anuales se encuentran entre los 14°C de media para las mínimas y 24°C de media para las máximas. El clima en general es templado y seco, con veranos muy secos y cálidos e inviernos más húmedos y fríos, presentando incluso exceso de lluvias en uno o varios meses del invierno y periodos de sequía en los meses más cálidos (Guerra García, 2009).

Se trata de un ecosistema formado principalmente por pino canario (*Pinus canariensis*), una especie muy resistente y que se adapta a condiciones de sequía. Las especies que acompañan al pino canario en cotas bajas son el brezo (*Erica arborea*) y la faya (*Myrica faya*). A medida que se va ganando altura aparecen especies como los codesos (*Adenocarpus foliolosus*), para finalmente ser acompañado en cotas más altas por el cedro canario (*Juniperus cedros*).

El ecosistema de pinar, ha sido sometido a una profunda alteración (incendios, aprovechamientos forestales de diversa índole, extracción de resina, repoblaciones y pastoreo) que ha transformado su paisaje natural, además de la realización de inadecuadas repoblaciones con pinos foráneos (*Pinus radiata*, *Pinus halepensis*, etc.).

Los bosques de laurisilva de Tenerife, en cambio, son bosques húmedos formados por un alto número de especies que se desarrollan en suelos ricos en materia orgánica. Se localizan normalmente al norte de las islas en altitud que va desde los 500 a los 1500 metros sobre el nivel del mar. Son zonas sometidas a los vientos alisios, sumergidas en un mar de nubes que reduce la insolación y produce una humedad constante mediante el efecto llamado "lluvia horizontal".

Los suelos están formados por material de origen volcánico de diferente naturaleza, predominando las coladas basálticas y sálicas. En el paisaje son muy frecuentes las zonas de ladera de pendiente baja a media y los barrancos. Las precipitaciones medias anuales pueden superar los 900 mm, siendo más intensas en los periodos de invierno. La temperatura media anual oscila entre los 11°C de mínima y los 21°C de máxima. Por todo esto, el clima es subhúmedo-húmedo y templado con veranos suaves e inviernos fríos y con precipitaciones en mayor o menor medida casi todo el año (Guerra García, 2009).

La vegetación típica de estos bosques en zonas húmedas son las propias de la laurisilva, que incluye un gran número de especies como son el laurel

(*Laurus azorica*), el viñátigo (*Persea indica*), el til (*Ocotea foetens*), el acebiño (*Ilex canariensis*), el madroño (*Arbutus canariensis*), el palo blanco (*Picconia excelsa*), el mocán (*Visnea mocanera*), el barbusano (*Apollonais barbujana*), etc. En zonas donde el ambiente es demasiado seco para éstas especies, la vegetación está compuesta principalmente por fayal-brezal. Se trata de zonas algo degradadas debido a actividades forestales que han hecho desaparecer especies grandes.

La laurisilva queda reducido en la actualidad a zonas concretas de la isla (Anaga, Monte del Agua en Buenavista del Norte, Barranco de Badajoz en Güimar), al tratarse de un ecosistema fuertemente degradado, por su constante aprovechamiento como recurso económico básico (obtención de madera) desde los tiempos de la conquista, así como por las continuas roturaciones de áreas extensas para su cultivo.

### **3 Objetivo**

El objetivo del presente trabajo es comparar la calidad biológica de dos suelos pertenecientes a la isla de Tenerife, uno de pinar y otro de laurisilva, mediante el cálculo de un índice que relaciona diferentes parámetros medibles del suelo.

## **4 Material y Métodos**

### **4.1 Zonas de Muestreo**

La zona de muestreo elegida para el suelo de pinar se encuentra en el municipio de El Rosario, zona que pertenece al denominado pinar seco. Para el suelo de laurisilva la zona de muestreo elegida se encuentra en el Monte de Las Mercedes en el municipio de San Cristóbal de La Laguna.

#### 4.1.1 Descripción de los perfiles

	Hoya del Becerro	Las Lajas
<b>Situación. Toponimia</b>	Pista que entra en la zona recreativa de Las Raíces, margen derecho	Camino del Moquinal, Las Mercedes
<b>Municipio</b>	El Rosario	San Cristóbal de La Laguna
<b>Coordenadas UTM</b>	28R. X=365582, Y=3145082	28R. X=373094, Y=3157184
<b>Altitud</b>	974 m.s.n.m	1000 m.s.n.m
<b>Posición Topográfica. Pendiente</b>	Media ladera. 30-50%	Media ladera. 30%.
<b>Orientación</b>	Sureste	Noroeste
<b>Clima</b>	Régimen Hídrico: Ústico Régimen Térmico: Térmico	Régimen Hídrico: Údico Régimen Térmico: Mesic
<b>Horizonte</b>	A	A
<b>Espesor y Profundidad</b>	15 cm	15 cm
<b>Límite con el horizonte inferior</b>	No se observa	No se observa
<b>Estado de Humedad</b>	Seco	Seco
<b>Color</b>	Pardo-rojizo 7,5 YR 5/8.	Pardo muy oscuro 10 YR 2/2.
<b>Textura en el campo</b>	Arcillo-limosa	Arcillo-limosa
<b>Estructura</b>	Poliédrica subangular, grumosa muy gruesa	Migajosa
<b>Consistencia</b>	Ligeramente duro	Muy friable
<b>Porosidad</b>	Abundante microporo	Elevada porosidad
<b>Elementos gruesos</b>	Frecuentes (35%) gravas basálticas, irregulares	No se observan
<b>Actividad biológica</b>	Raíces: Frecuentes, medianas y finas, vivas y funcionales, presentes en todo el horizonte. Otros restos orgánicos, fauna, actividad humana: No se observa	Raíces: Abundantes, de finas a medias, vivas y funcionales, presentes en todo el horizonte. Otros restos orgánicos, fauna, actividad humana: No se observa
<b>Rasgos Edáficos</b>	Concentraciones de sesquióxidos: Difusas Revestimientos de arcilla, Formas de precipitación de carbonatos y otras sales, Superficies de deslizamiento: No se observa	No se observan

## 4.2 Recogida de muestras

Los muestreos fueron realizados en el mes de noviembre de 2017 para las muestras de pinar y en el mes de enero de 2018 para las de laurisilva. En cada uno de los perfiles se recogieron un total de tres muestras, recogidas de forma aleatoria dentro de la zona seleccionada y separadas entre sí por 1-2 metros de distancia. Las muestras se recogieron a una profundidad de 0-15 cm y se depositaron en bolsas de plástico debidamente rotuladas con el nombre del perfil, número de réplica y fecha de recogida. A su vez, se recogieron también muestras de suelo en cilindros para calcular la densidad aparente de cada perfil.



Figura 1: Detalle de una de las zonas de recogida de muestras.

## 4.3 Tratamiento de muestras en laboratorio

Cada una de las muestras recogidas en bolsas se dividen en dos partes. Una parte se coloca en una bandeja y se deja secar al aire, se tamiza una vez seca con un tamiz de 2mm para separar los elementos gruesos ( $>2\text{mm}$ ) de la tierra fina ( $<2\text{mm}$ ), y se almacena en bandejas de plástico a temperatura ambiente. La otra mitad es tamizada en húmedo el mismo día de su recogida con un tamiz de 2mm y almacenada en nevera.

## 4.4 Métodos

Se analiza cada una de las 3 muestras recogidas en el suelo de pinar y las tres muestras recogidas en el suelo de laurisilva haciendo 3 réplicas de cada una para hallar una media, dando como resultado un total de 18 muestras analizadas. Para determinar la humedad y la densidad aparente, se analizan un total de 6 muestras, tres para cada tipo de suelo.

### 4.4.1 Humedad de las muestras

Se toman 10g de cada una de las 3 muestras correspondientes a cada uno de los dos tipos de suelo analizados, se colocan en un recipiente de peso conocido y se ponen en una estufa a 105°C hasta que su peso sea constante. El porcentaje de humedad se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Mh - Ms}{Ms - Mr} \cdot 100$$

Mh= peso del recipiente + peso de la muestra húmeda

Ms= peso del recipiente + peso de la muestra seca a 105°C

Mr= peso del recipiente

### 4.4.2 Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es el peso seco por unidad de volumen del suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural.

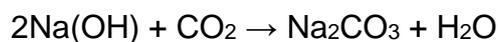
Se recogen tres muestras que corresponden a cada una de las tres réplicas que se muestrean en cada zona. Las muestras, recogidas en cilindros de densidad de volumen conocido, son pesadas en húmedo y colocadas en una estufa a 105°C hasta que su peso sea constante. La densidad aparente se calcula de la siguiente forma:

$$\text{Densidad aparente} = \frac{\text{peso seco de la muestra (g)}}{\text{volumen que ocupa (cm}^3\text{)}}$$

#### 4.4.3 Respiración del suelo en el campo

La respiración es una medida de la actividad biológica global del suelo, en la que intervienen tanto microorganismos y macroorganismos presentes en él, como también las raíces de las plantas. La respiración de campo es, por tanto, una medida del C-CO<sub>2</sub> desprendido mediante el proceso de respiración realizado por éstos organismos vivos presentes en el suelo.

Se determina por el método de trampas de sosa (Zibilske, 1994), y se basa en la cuantificación del CO<sub>2</sub> desprendido por el suelo dentro de un recinto cerrado, el cual reacciona con hidróxido de sodio para formar carbonato de sodio:



Así, valorando el Na(OH) que no ha reaccionado podemos calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido.

Para ello se disponen en el campo tres cámaras de acero inoxidable de dimensiones 22x22x30 cm, abiertas en dos de sus extremos; uno de ellos es introducido en el suelo unos 2 cm y el otro se sella con una tapa y cinta aislante. En su interior se dispone un recipiente de plástico con 50 ml de Na(OH) 0,5N apoyado sobre un trípode para evitar el contacto con el suelo. Además, se disponen otras dos cámaras para hacer de blancos, en éste caso cerradas por su parte inferior y en cuyo interior se dispone el bote con Na(OH) de igual manera que en las cámaras anteriores. Las cámaras se cierran y transcurridas 24 horas se abren para extraer los recipientes y proceder a su valoración. Las cámaras se disponen de manera que estén distanciadas unas de otras por varios metros.



Figura 2: Cámaras de acero inoxidable utilizadas para calcular la respiración del suelo en el campo.

Para la valoración se toman 2ml de Na(OH) de cada uno de los recipientes se le añade 1ml de BaCl<sub>2</sub> al 20% para facilitar la precipitación de los carbonatos, unas gotas de fenoftaleína que actúa como indicador de pH y se valora con HCl 0,1M.

#### **4.4.4 Respiración del suelo mediante incubación en laboratorio**

La respiración del suelo determinada en el laboratorio es una forma de medir la cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido por un suelo incubado en un sistema cerrado y con condiciones óptimas de humedad y temperatura. En éste caso se parte de muestras homogéneas, en las que el CO<sub>2</sub> proviene de la actividad microbiana existente sin la aportación a la respiración del suelo que hacen las raíces de las plantas o la macrofauna y, por lo tanto, puede considerarse como una medida de la actividad máxima potencial de los microorganismos edáficos.

El procedimiento de incubación en laboratorio se realiza según Guitián y Carballás (1976). En recipientes herméticos de vidrio se colocan tres viales de plástico, uno con 10g de suelo húmedo, tamizado a 2mm y ajustado a la humedad de capacidad de campo, otro con 10ml de Na(OH) 0,1N y el último con 25ml de agua desionizada para mantener la humedad dentro del recipiente de vidrio. Además, se hace un blanco con solo dos viales, uno con 10ml de Na(OH) 0,1N y otro con 25ml de agua desionizada.

Los recipientes se incuban a 25°C en una estufa durante 10 días. En los días 1, 2, 5, 8 y 10 se retiran los viales de Na(OH) y se sustituyen por otros nuevos que contienen 10ml de Na(OH) 0,1N. El Na(OH) retirado se valora con HCl 0,05N en presencia de fenolftaleína para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> desprendido.



Figura 3: Estufa utilizada en el método de respiración mediante incubación en laboratorio.

Los valores de C-CO<sub>2</sub> emitidos a lo largo de la incubación pueden ajustarse a un modelo cinético de primer orden:

$$C_t = C_0 (1 - e^{-kt})$$

donde C<sub>t</sub> es la cantidad acumulada de C-CO<sub>2</sub> emitida en un tiempo t, k es una constante que representa la tasa de flujo diario y C<sub>0</sub> representa la cantidad de carbono potencialmente mineralizable, es decir, la cantidad máxima de carbono en forma de dióxido de carbono obtenida como producto de la respiración del suelo incubado en condiciones óptimas de humedad y temperatura en un tiempo t determinado.

#### 4.4.5 Carbono orgánico oxidable total

El carbono orgánico oxidable total comprende todas las formas de carbono oxidables del suelo, incluyendo ácidos húmicos, fúlvicos y huminas, sustancias no-húmicas sencillas (azúcares, aminoácidos) y complejas (proteínas, polisacáridos), biomasa microbiana y restos vegetales y animales senescentes. No incluye el black carbon y otras formas piromórficas no-oxidables (Porta *et al.*, 2003).

Para la determinación del carbono orgánico oxidable total de las muestras se utiliza el método clásico de Walkley-Black (1934), que se basa en la oxidación de la materia orgánica del suelo. Las muestras de suelo tamizado a 2mm, seco

a temperatura ambiente y molido se hacen reaccionar con una mezcla de  $K_2Cr_2O_7$  1M,  $H_2SO_4$  concentrado y  $H_3PO_4$  concentrado, valorando la cantidad de  $K_2Cr_2O_7$  que no ha reaccionado con una disolución de  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  0,5N en presencia de ferroína.

#### 4.4.6 Carbono soluble en agua

Su determinación se realiza siguiendo el método descrito por Ghani *et al.* (2003), mediante el cual obtenemos la cantidad de carbono soluble en agua fría y carbono soluble en agua caliente. Éste método permite la extracción de una parte muy importante del carbono lábil, que es el carbono potencialmente disponible que tiene el suelo (incluyendo una parte del carbono ligado a la biomasa microbiana), principalmente carbohidratos (40-50 % de los extractos), proteínas y aminoácidos.

Se pesan 3g de suelo fresco tamizado a 2 mm en tubos de centrifuga, se añaden 30ml de agua desionizada y se agitan a 30 rpm y 20°C durante 30 minutos en un baño de agitación termostatado. Transcurrido el tiempo se centrifugan a 3500 rpm durante 20 minutos y el sobrenadante resultante se filtra a través de filtros de nitrocelulosa de 0,45µm. Éste filtrado se analiza mediante el método de Walkley-Black (1934), obteniéndose así el carbono soluble en agua fría.



Figura 4: Muestras de suelo en el baño de agitación termostatado para su incubación.

A los sedimentos obtenidos en la fase anterior se le vuelven a añadir 30ml de agua desionizada, se agitan en un agitador vórtex para resuspenderlos y se incuban durante 16 horas en un baño de agitación termostataado a 80°C. Pasado el periodo de incubación son centrifugados a 3500rpm durante 20 minutos. Finalmente, el sobrenadante se filtra mediante filtros de nitrocelulosa de 0,45µm y se analiza mediante el método Walkley-Black (1934) para obtener el carbono soluble en agua caliente.

#### 4.4.7 Actividad Deshidrogenasa

Las enzimas deshidrogenasas del suelo ejercen un papel fundamental en las primeras etapas de oxidación de la materia orgánica y es por ello que su actividad suele considerarse un buen indicador general de la actividad de la microbiota edáfica. Su determinación se lleva a cabo usando sales solubles de tetrazolio como aceptores artificiales de electrones, en éste caso el 2-p-iodofenil-3-p-nitrofenil-5-feniltetrazolio, también llamado INT.

La valoración de la actividad deshidrogenasa en suelos según Carmiña *et al.* (1998) se basa en la reducción del INT para formar INTF (iodonitrotetrazol formazán), que se puede medir a 490nm. A las muestras de suelo tamizado y húmedo se les añade INT al 0.5% y se incuban a 40°C durante 1 hora y en oscuridad para favorecer la formación de INTF. Una vez reducidas las sales INT a INTF la disolución adquiere tonos rojizos, lo que permite cuantificar su concentración en un espectrofotómetro UV-V.



Figura 5: Muestras analizadas en el espectrofotómetro. A la izquierda se observan las muestras que forman parte de la recta patrón; a la derecha las tres réplicas de cada muestra de suelo.

#### 4.4.8 Actividad CM-celulasa

La medición de la actividad celulasa se basa en la valoración de los azúcares reductores generados a partir de la degradación de una celulosa amorfa (carboximetil-celulosa). Para determinar la actividad CM-celulasa se sigue el procedimiento descrito por Schinner & Von Mersi (1990). Las muestras de suelo tamizado y húmedo se incuban durante 24 horas en un baño de agua a 50°C y agitación junto con la CM-celulasa al 0.7%. La cantidad de glucosa formada se cuantifica en un espectrofotómetro UV-V gracias al desarrollo del color azul que se produce.

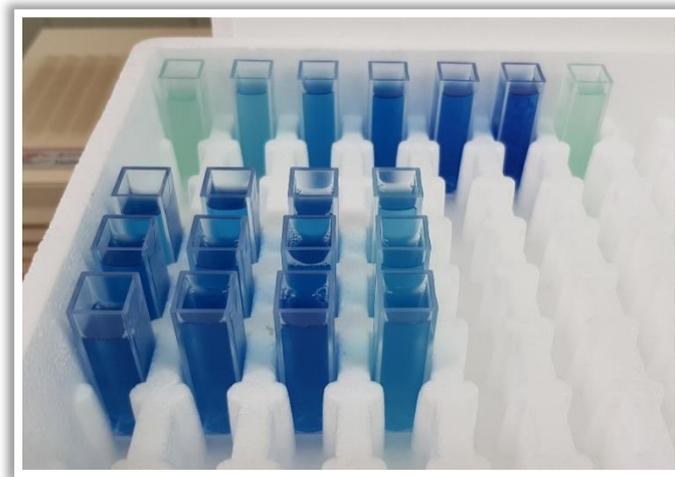


Figura 6: Muestras analizadas en el espectrofotómetro. En la parte superior se observan las muestras que forman la recta patrón. Debajo se observan las tres réplicas de cada muestra más su blanco.

#### 4.4.9 Índice de calidad biológica

Se puede establecer una relación entre carbono orgánico total de los sistemas de suelos casi maduros y algunos de los parámetros biológicos estudiados en el presente trabajo, y todo ellos, a su vez, se pueden relacionar con el ciclo del carbono. En base a esto y partiendo de un modelo de análisis de regresión lineal, se ha definido una ecuación predictiva capaz de explicar casi completamente la variación observada de carbono orgánico del suelo en ecosistemas cercanos a su madurez (Armas *et al.*, 2007):

$$C \text{ total (calculado): } k_1v_1+k_2v_2+k_3v_3+k_4v_4+\dots+k_iv_i+k_{i+1}$$

donde  $k_i$  son constantes que resultan del análisis de regresión mientras que  $v_i$  son cuatro de las variables estudiadas: carbono soluble en agua caliente,

respiración del suelo en el campo, actividad CM-celulasa y actividad deshidrogenasa, que bastan para explicar el 100% de la varianza observada en el carbono orgánico de los suelos de los ecosistemas estudiados próximos a la madurez. La ecuación obtenida es la siguiente:

$$C \text{ total (calculado): } -2,924 + 0,037 * C_{80^{\circ}C} - 0,096 * Act_{cel} + 0,081 * Act_{des} + 0,009 * Res_{cam}$$

Si el modelo predice los contenidos de carbono del suelo en la madurez del ecosistema, los valores reales de carbono distarán tanto más del calculado a medida que nos distanciamos de la situación de equilibrio climático. Se establece así una relación entre el carbono orgánico total observado y el carbono orgánico predicho, obteniéndose así el Índice de Calidad Biológica (ICB):

$$ICB = \frac{\text{carbono total calculado}}{\text{carbono total observado}}$$

## 5 Resultados y Discusión

Con el objetivo de obtener la mayor información posible del presente estudio, a parte hacer una comparativa entre los dos tipos de suelo para determinar finalmente cuál de los dos tiene mayor calidad biológica, los resultados obtenidos son también comparados con los estudios realizados por Cecilia María Armas Herrera y cuyos resultados recoge en su tesis “Caracterización físico-química y dinámica del carbono orgánico en los suelos de algunos ecosistemas de las Islas Canarias” (Armas Herrera, 2010). Se escoge esta autora para realizar la comparativa porque su tesis recoge uno de los estudios más completos y detallados que se puede encontrar sobre los suelos que son objeto de estudio en el presente trabajo.

### 5.1 Porcentaje de humedad, densidad aparente y capacidad de campo.

Estos tres parámetros no son objeto directo del estudio y no aparecen por tanto en los objetivos principales del trabajo, pero sí son datos imprescindibles para el estudio de los demás.

En cuanto a la humedad que contienen ambos tipos de suelo los resultados obtenidos son bajos (Tabla 1). Cabría esperar que sobre todo en la laurisilva la humedad fuera mucho más elevada, cercana al 60%, debido a que las zonas de montaña húmeda están sometidas a lo largo del año a precipitaciones más elevadas que las zonas de pinar, además de ser suelos que poseen una elevada eficacia de retención de agua debido a su carácter ándico. Sin embargo, los resultados son bajos en ambos casos y muy similares entre sí, y es debido principalmente a la escasez de lluvias a la que ha estado sometida la isla de Tenerife en el periodo que va desde la primavera del año 2017 hasta el momento de la recogida de muestras, en invierno del año 2018. Por tanto, esta falta de lluvias, aunque ha afectado a ambos suelos, es mucho más evidente en los datos de porcentaje de humedad del suelo de laurisilva.

En el caso de la densidad aparente ocurre lo mismo que con la humedad y los datos se asemejan (Tabla 1). Los resultados deberían reflejar mayor diferencia entre ambos suelos, con una densidad aparente más baja en el suelo de laurisilva debido a la mayor presencia de raíces y mayor porosidad del suelo, y más elevada en el suelo de pinar por ser un suelo con menor presencia de vegetación y más compacto. Aun así, los datos no se alejan demasiado de los esperados.

Los datos para la capacidad de campo de cada uno de los suelos han sido consultados en diferentes publicaciones que se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

	<b>% Humedad</b>	<b>Densidad Aparente (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>% Capacidad de campo</b>
<b>Pinar</b>	12,3 ± 0,4	0,7 ± 0,03	51*
<b>Laurisilva</b>	13,3 ± 1,9	0,6 ± 0,05	60,6**

\* *Evaluación de la degradación de los suelos naturales de la isla de Tenerife. Secuencias edáficas evolutivas y regresivas. José Asterio Guerra García, 2009.*

\*\* *XVIII Reunión Nacional de suelos. Guía de campo. Departamento de Edafología y Geología de La Universidad de La Laguna, 1991.*

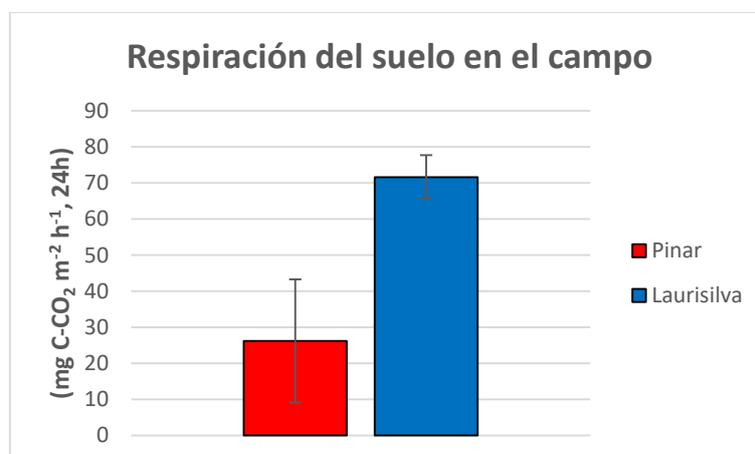
## 5.2 Respiración del suelo en el campo

Los resultados medios obtenidos muestran un valor más alto para el suelo de laurisilva que para el de pinar (Tabla 2; Figura 7). El resultado general es el esperado, ya que el suelo de laurisilva tiene mucha más actividad biológica global debido a la presencia de microorganismos, macroorganismos y vegetación y, por lo tanto, mayor respiración del suelo.

Comparando los resultados obtenidos con los de la bibliografía, se ve que para el suelo de pinar el valor es bajo y se acerca más a los resultados que se esperarían en los periodos del año que van entre la primavera y el verano, épocas de mayor temperatura y menores precipitaciones que el invierno. Sin embargo, para el suelo de laurisilva el resultado obtenido es claramente superior, lo que nos dice que, a pesar de la falta de humedad que presenta en el momento del muestreo, el suelo tiene una alta actividad microbiológica y una gran disponibilidad de reservas de materia orgánica.

**Tabla 2: Respiración del suelo en el Campo ( $\text{mg C-CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ , 24h) (media  $\pm$  e.t.).**

<b>Pinar</b>	$26,2 \pm 17,08$
<b>Laurisilva</b>	$71,6 \pm 6,08$



*Figura 7: Representación gráfica de la respiración del suelo en el campo (media  $\pm$  e.t.).*

### 5.3 Respiración del suelo mediante incubación en laboratorio

Los resultados obtenidos para la respiración muestran una clara diferencia entre ellos, siendo el dato medio obtenido para el suelo de laurisilva claramente superior al del suelo de pinar (Tabla 3; Figura 8). La cantidad de carbono potencialmente mineralizable ( $C_0$ ), es decir, el carbono total que se obtiene por la respiración en condiciones óptimas, vuelve a reflejar unos valores claramente superiores para el suelo de laurisilva, aumentando en ambos casos a casi el doble que los resultados obtenidos de la incubación durante 10 días (Tabla 3). Es de esperar que los resultados reflejen una mayor respiración en la laurisilva debido a la mayor actividad microbiológica que presenta en comparación con los suelos de pinar. La tasa de flujo diario de carbono ( $k$ ) en ambos suelos es casi igual (Tabla3).

Consultando la bibliografía, se ve que tanto los datos de la respiración mediante incubación en 10 días como los obtenidos en el cálculo del carbono potencialmente mineralizable deberían haber sido más altos en ambos casos, mostrando por supuesto valores mayores para el suelo de laurisilva. La respiración del suelo es llevada a cabo por la microfauna y macrofauna presente en el suelo en ese momento, así que muy probablemente, y debido a la falta de humedad, su presencia sea baja en el momento del muestreo. Eso explicaría que, aunque se les haya proporcionado a los suelos las condiciones óptimas de humedad y temperatura para favorecer el proceso, éste se haya producido en un valor tan bajo.

**Tabla 3: Respiración del suelo en el laboratorio (g C-CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup>, 10 días) (media ± e.t.). Cantidad de carbono potencialmente mineralizable ( $C_0$ ). Tasa de flujo diario de carbono ( $k$ ).**

	<b>Respiración</b>	<b><math>C_0</math></b>	<b><math>k</math></b>
<b>Pinar</b>	1,6 ± 0,9	2,5	0,12
<b>Laurisilva</b>	8,4 ± 2,03	12,7	0,11

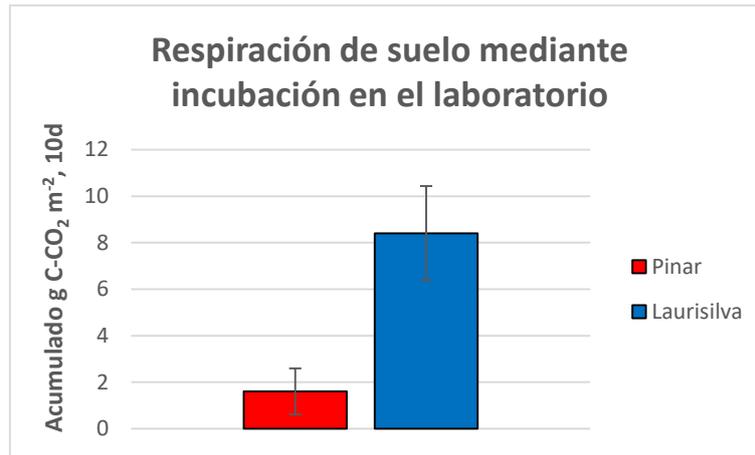


Figura 8: Representación gráfica de la Respiración del suelo mediante incubación en el laboratorio (media  $\pm$  e.t.).

A continuación, se muestra una representación de la cantidad de carbono total en forma de dióxido de carbono que los suelos de pinar y laurisilva serían capaces de producir en condiciones controladas de humedad y temperatura (Figura 9). Según el modelo utilizado para predecir el comportamiento de ambos suelos, la respiración en la laurisilva es muy superior a la de pinar desde el primer día. Ambos valores aumentan de forma significativa al principio para ir estabilizándose y llegar a un valor máximo por encima del cual la respiración no aumenta. Para ambos suelos ésta estabilización del valor de la respiración se produce casi al mismo tiempo; alrededor del día 55 para el suelo de pinar y un poco más tarde, hacia el día 60 para el suelo de laurisilva.

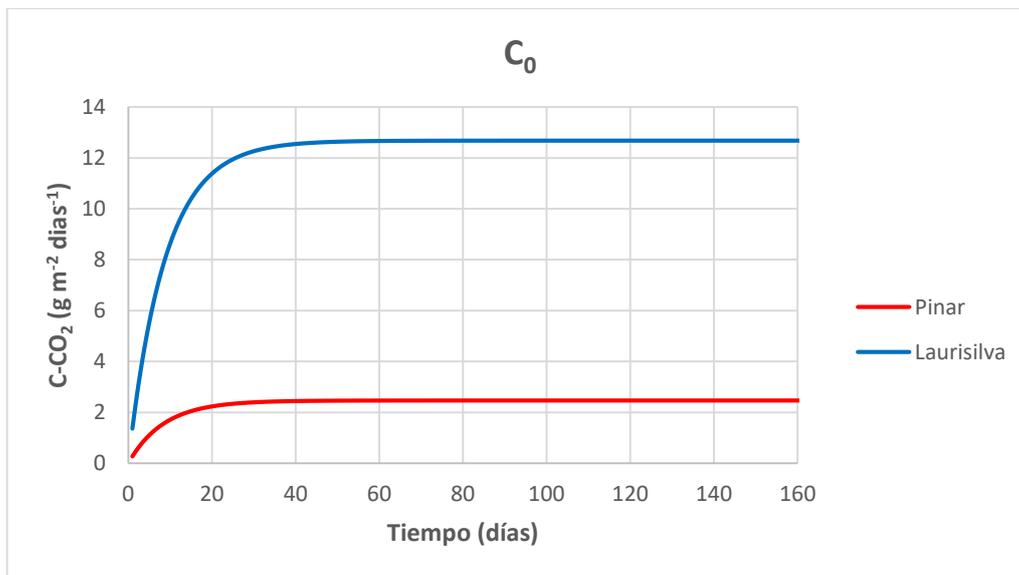


Figura 9: Carbono potencialmente mineralizable (C<sub>0</sub>) de los suelos de pinar y laurisilva.

## 5.4 Carbono orgánico oxidable total

Al analizar los resultados para cada una de las muestras estudiadas se observa una clara diferencia entre ellos. Los datos obtenidos para el carbono orgánico oxidable total del suelo de pinar son mucho más bajos que los obtenidos para la laurisilva (Tabla 4; Figura 10). En líneas generales, el contenido de carbono orgánico oxidable total suele ser mayor en zonas de montaña donde predomina la laurisilva, y más bajo en zonas de pinar.

La cantidad de carbono orgánico obtenida para el suelo de pinar es bastante baja en comparación a los resultados consultados en la bibliografía, según la cual la cantidad de carbono orgánico debería ser dos o tres veces superior. La falta de humedad edáfica que presenta el suelo en el momento del muestreo junto a la escasa vegetación que hay en las zonas de pinar da como resultado un suelo con escasa fauna y vegetación, y, por tanto, pobre en materia orgánica de la cual forma parte el carbono orgánico.

En el suelo de laurisilva, sin embargo, la cantidad de carbono orgánico oxidable total es similar a la que podemos encontrar en otros estudios. El suelo de laurisilva se ve mucho menos afectado por la falta de lluvias que el suelo de pinar, y es debido probablemente a que éste es mucho más rico en fauna, flora y materia orgánica y, por tanto, tiene una mayor actividad biológica global que lo hace más resistente a las condiciones climáticas adversas.

**Tabla 4: Carbono Orgánico oxidable total (kg C m<sup>-2</sup> suelo) (media ± e.t.).**

<b>Pinar</b>	2,8 ± 0,1
<b>Laurisilva</b>	21,9 ± 2,4

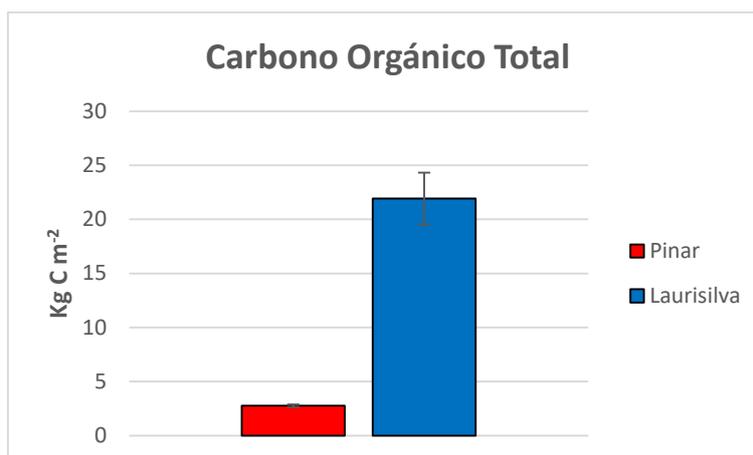


Figura 10: Representación gráfica del Carbono Orgánico Oxidable Total (media  $\pm$  e.t.).

## 5.5 Carbono soluble en agua

Para el carbono soluble en agua fría los datos obtenidos son bastante parecidos entre sí, siendo ligeramente menor en el caso del suelo de pinar (Tabla 5; Figura 11). En cuanto al carbono soluble en agua caliente, los valores ya no se parecen siendo mucho más elevada la cantidad en el suelo perteneciente a la laurisilva.

Consultando con otros estudios, los resultados entran dentro de lo que se espera en cuanto a la diferencia que puede existir al comparar los dos tipos de suelo, pero llama la atención que los valores obtenidos en el presente estudio son mucho mayores en ambos suelos tanto para la extracción con agua fría y con agua caliente.

Tabla 5: Carbono soluble en agua fría y carbono soluble en agua caliente (g C m<sup>-2</sup> suelo) (media  $\pm$  e.t.).

	C 20°C	C 80°C
<b>Pinar</b>	29,2 $\pm$ 10,8	81,9 $\pm$ 34,03
<b>Laurisilva</b>	31,6 $\pm$ 7,5	498,4 $\pm$ 140,6

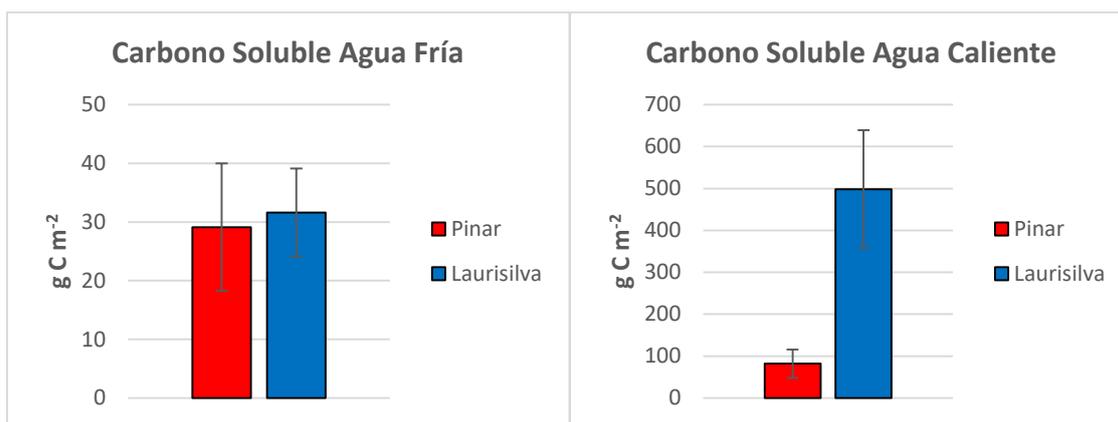


Figura 11: Representación gráfica del carbono soluble en agua fría y agua caliente (media  $\pm$  e.t.).

## 5.6 Actividad Deshidrogenasa

El análisis de la actividad deshidrogenasa en ambos suelos muestra, una vez más, una diferencia notable entre ellos, y vuelve a ser el suelo perteneciente a la laurisilva el que presenta un valor mayor (Tabla 6; Figura 12). La función de las deshidrogenasas es oxidar compuestos orgánicos, y se puede tomar esa actividad como un indicador general de la intensidad del metabolismo microbiano en el suelo. Por todo esto, el suelo de laurisilva, que tiene una mayor actividad enzimática, presenta una mayor actividad biológica global en comparación con el suelo de pinar.

En cuanto se comparan los datos obtenidos con la bibliografía, además de corroborar las diferencias que existen entre ambos suelos, se puede ver que para el suelo de pinar el dato de actividad de la enzima es más bajo de lo esperado, y que para el suelo del laurisilva está dentro de lo normal.

Tabla 6: Actividad deshidrogenasa (moles INTF m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) (media  $\pm$  e.t.).

<b>Pinar</b>	12,8 $\pm$ 6,3
<b>Laurisilva</b>	64,2 $\pm$ 10,9

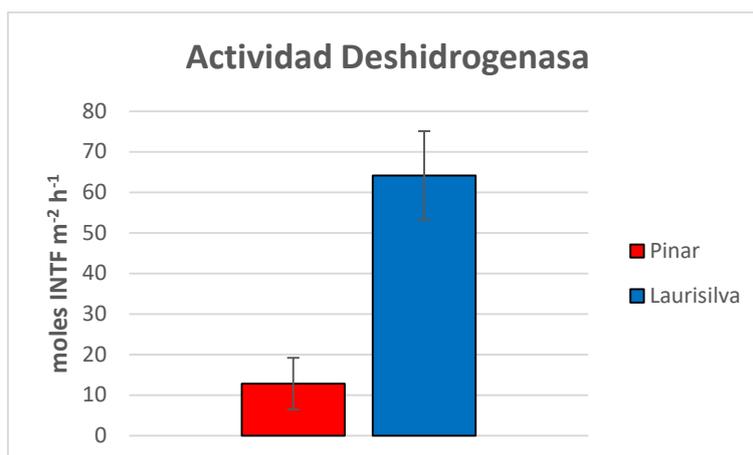


Figura 12: Representación gráfica de la actividad deshidrogenasa (media  $\pm$  e.t.).

## 5.7 Actividad CM-celulasa

Los resultados de la actividad CM-celulasa reflejan nuevamente una gran diferencia entre ambos suelos (Tabla 7; Figura 13). El suelo de pinar ha mostrado valores bajos en general para todos los métodos analizados anteriormente, y en este caso muestra una actividad enzimática casi nula. De hecho, al analizar éstas muestras se ha tenido que utilizar una disolución más concentrada que para las de laurisilva, puesto que los resultados no daban actividad alguna.

Estos datos son mucho más llamativos al compararlos con estudios previos que muestran un resultado menor para el suelo de pinar que para el de laurisilva, pero nunca con valores tan bajos de actividad. Es precisamente en el estudio de las enzimas, y sobre todo de la CM-celulasa donde se ve la mayor diferencia entre ambos suelos estudiados, y es muy probablemente la escasez de lluvias y por tanto la poca humedad que tiene el pinar la causante de esta poca actividad biológica general. Para la laurisilva, sin embargo, el resultado está dentro de lo esperado y es una muestra más de que no se ve tan afectada por la falta de agua como el pinar.

Tabla 7: Actividad CM-celulasa (mmoles glucosa liberada m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>) (media  $\pm$  e.t.).

<b>Pinar</b>	5,5 $\pm$ 2,3
<b>Laurisilva</b>	28,1 $\pm$ 2,7

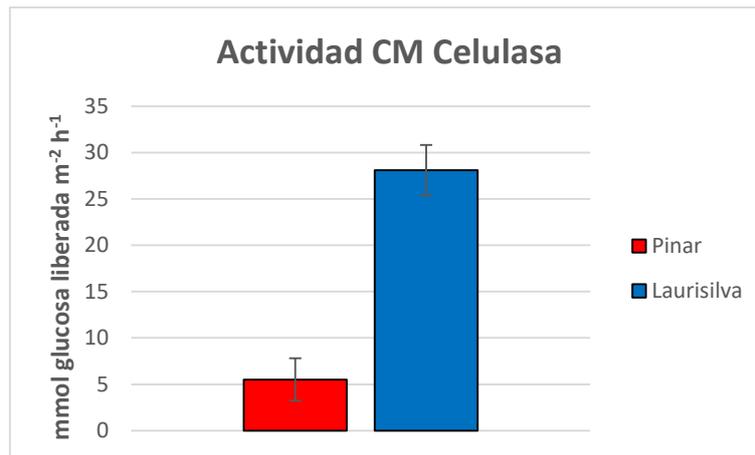


Figura 13: Representación gráfica de la actividad CM-celulasa (media  $\pm$  e.t.).

## 5.8 Índice de calidad biológica

El índice de calidad biológica (ICB) se basa en la consideración del contenido total de carbono orgánico del suelo como un parámetro de gran estabilidad en ecosistemas próximos a la madurez. El objetivo final de la evaluación de la calidad del suelo es tratar de integrar la información suministrada por los indicadores en un único valor que refleje la calidad en cualquier suelo para cualquier función.

EL valor del índice de calidad biológica es próximo a 1 en los suelos que se encuentran cercanos a la madurez, mientras que en los suelos degradados se observa una disminución del ICB a medida que se alejan del clímax.

Este índice muestra resultados muy distintos para cada uno de los suelos analizados. En el caso del suelo de laurisilva se obtiene un valor alto, cercano al valor máximo de 1, lo que indica que se trata de un suelo maduro y poco degradado (Tabla 8). Los parámetros implicados en el cálculo de éste índice, como son el carbono orgánico oxidable total, la respiración o la actividad enzimática dan cuenta de un suelo rico en materia orgánica y con características excepcionales para albergar una amplia variedad de especies tanto animales como vegetales.

En cambio, el valor obtenido para el suelo de pinar es bajo (Tabla 8). Es de esperar que el resultado del pinar sea más bajo que el de laurisilva siendo un ecosistema más degradado en el que la presencia de especies animales y

vegetales está más limitada. Sin embargo, consultando otros trabajos (Armas *et al.*, 2007) se observa que el dato es bastante menor de lo que cabría esperar.

**Tabla 8.**

	<b>Carbono orgánico total calculado</b>	<b>Carbono orgánico total observado</b>	<b>ICB</b>
<b>Pinar</b>	0,85	2,78	0,31
<b>Laurisilva</b>	18,66	21,92	0,85

## 6 Conclusiones

- En líneas generales, los datos bajos obtenidos son consecuencia de las escasas lluvias producidas en el otoño e invierno del periodo 2017-2018, que ha dejado un edafoclima seco y más propio de la estación de verano. La humedad del ambiente y la cantidad de lluvia tiene una relación directa con la actividad biológica global de un ecosistema, la cual se ve limitada en períodos de escasez. El bajo porcentaje de humedad que presentan las muestras condiciona, por tanto, los resultados obtenidos para cada uno de los métodos analíticos objeto del presente trabajo.
- Al comparar los datos obtenidos para cada uno de los métodos analíticos se observan grandes diferencias entre los suelos de pinar y laurisilva, siendo esta última la que obtiene unos resultados más altos tanto en la presencia de carbono en el suelo y utilización de éste, como en la actividad de las enzimas.
- En el caso del suelo de pinar, los resultados obtenidos han sido inusualmente bajos en todos los métodos analizados. La falta de humedad edáfica que presentan las muestras en el momento del muestreo dificulta incluso la realización de algunos de los procedimientos analíticos llevados a cabo en el laboratorio, especialmente en el caso de la actividad de las enzimas.
- El índice de calidad biológica señala a la laurisilva como un ecosistema maduro y poco degradado que se encuentra mucho más cerca del equilibrio, mientras que para el pinar el valor del índice mucho más bajo refleja que se trata de un ecosistema altamente degradado.
- Este índice de calidad biológica y, en general, los parámetros que permiten estudiar propiedades y características de cada suelo constituyen una herramienta más a utilizar dentro del campo de la Edafología para evaluar el estado en el que se encuentran nuestros suelos y definir estrategias tanto de recuperación para suelos degradados como de conservación de todos los ecosistemas del planeta.

## Conclusions

- In general terms, the low data obtained are a consequence of the shortage of rain in the fall and winter of the period 2017-2018, which has left a dry edaphoclima more typical of the summer season. The humidity of the environment and the amount of rain has a direct relationship with the global biological activity of an ecosystem, which is limited in periods of scarcity. Therefore, the samples have a low percentage of humidity that conditions the results obtained for each of the analytical methods object of the present work.
- When comparing the data obtained for each of the analytical methods, there are large differences between the soils of pine and laurisilva, being the latter in which higher results are obtained both in the presence of carbon in the soil and utilization of this, as in the activity of enzymes.
- In the case of pine soil, the results obtained have been unusually low in all the methods analyzed. The lack of soil moisture presented by the samples at the time of sampling, even makes it difficult to perform some of the analytical procedures carried out in the laboratory, especially in the case of the activity of enzymes.
- The biological quality index marks laurisilva as a mature and poorly degraded ecosystem that is much closer to equilibrium, while for the pine the value of the index is much lower and reflects that it is a highly degraded ecosystem.
- This index of biological quality and, in general, the parameters that allow to study properties and characteristics of each soil, constitute another tool to be used within the field of soil science to assess the state of our soils and define strategies for both the recovery of degraded soils, as for the conservation of all the ecosystems of the planet.

## 7 Bibliografía

- Armas Herrera, C.M.** 2010. *Caracterización físico-química y dinámica del carbono orgánico en los suelos de algunos ecosistemas de las islas Canarias*. Servicio de publicaciones Universidad de la Laguna. ISBN 978-84-7756-947-3.
- Armas, C.M., Santana, B., Mora, J.L., Notario J.S., Arbelo, C.D., Rodríguez-Rodríguez, A.** *A biological quality index for volcanic Andisols and Aridisols (Canary Islands, Spain): Variations related to the ecosystem degradation*. 378 (2007), pp. 238-244.
- Camiña, F.C., Trasar-Cepeda, C., Gil-Sotres, F., Leirós, C.** *Measurement of dehydrogenase activity in acid soils rich in organic matter*. *Soil Biol Biochem* 1997;30:1005–11.
- Doran, J.W. y Parkin, B.T.** 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America. Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Fernández-Palacios, J.M., García, J., López, R., Luzardo, C.** 1991. *Aproximación a la estima de la biomasa y producción primaria neta aérea en una estación de la laurisilva tinerfeña*. *Vieraea* 20: 11-20.
- García Izquierdo, C., Gil Sotres, F., Hernández Fernández, T., Trasar Cepeda, C.** 2003. *Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: medida de actividades enzimáticas y biomasa microbiana*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Barcelona, México.
- Ghani, A., Dexter, M., Perrott, K.W.** *Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation*. *Soil Biol Biochem* 2003;35: 1231–43.
- Guerra García, J.A.** 2009. *Evaluación de la degradación de los suelos naturales de la isla de Tenerife, Secuencia edáficas evolutivas y regresivas*. ISBN 978-84-7756-929-9.
- Guitián, F., Carballas, T.** 1976. *Técnicas de análisis de suelos*. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- Hernández Moreno, J.M., Rodríguez Rodríguez, A., Jiménez Mendoza, C.C., Espino Mesa, M., Rodríguez Hernández, C.M., et al.** 1991. *XVIII Reunión nacional de suelos, Guía de Campo*. Departamento de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna.
- Jimenez Ballesta, R., Álvarez Gonzalez, A.M.** 2005. *II Simposio Nacional. Control de la degradación de suelos*. Madrid. Pp 39-43.
- López Bermúdez, F.** 1994. *Degradación del suelo ¿Fatalidad climática o mala gestión humana? Hacia una gestión sostenible del recurso en el contexto mediterráneo*. *Papeles de Geografía* nº20, pp. 49-64.
- Rodríguez Rodríguez, A.** 2002. *Erosión y Desertificación. En: Naturaleza de las Islas Canarias. Ecología y Conservación*. Ed. Turquesa, Tenerife. Pp. 316-321.
- Rodríguez Rodríguez, A., Arbelo Rodríguez, C.D.** 1998. *Normas de Descripción de Perfiles* (no publicado). Dpto. Edafología y Geología, Universidad de La Laguna, Tenerife, España.
- Schinner, F., VonMersi, W.** *Xylanase, CM-cellulase and invertase activity in soil: an improved method*. *Soil Biol Biochem* 1990;22: 511–5.
- Walkley, A., Black, A.** *An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method*. *Soil Sci* 1934;37:29–38.

## 8 Anexos

Anexo I: Tabla general de resultados.

	PINAR	LAURISILVA
<b>% Humedad</b>	12,3 ± 0,4	13,3 ± 1,9
<b>Densidad aparente</b> (g/cm <sup>3</sup> )	0,7 ± 0,03	0,6 ± 0,05
<b>Respiración campo</b> (mg C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> , 24h)	26,2 ± 17,08	71,6 ± 6,08
<b>Respiración laboratorio</b> (g C-CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> , 10d)	1,6 ± 0,9	8,4 ± 2,03
<b>Carbono orgánico oxidable total</b> (kg C m <sup>-2</sup> )	2,8 ± 0,1	21,9 ± 2,4
<b>Carbono soluble en agua fría</b> (g C m <sup>-2</sup> )	29,2 ± 10,8	31,6 ± 7,5
<b>Carbono soluble en agua caliente</b> (g C m <sup>-2</sup> )	81,9 ± 34,03	498,4 ± 140,6
<b>Actividad deshidrogenasa</b> (mmoles INTF m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	12,8 ± 6,3	64,2 ± 10,9
<b>Actividad cm-celulasa</b> (mmoles glucosa m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )	5,5 ± 2,3	28,1 ± 2,7
<b>ICB</b>	0,31	0,85