

A Holocene temperature (brGDGT) record from Garba Guracha, a high-altitude lake in Ethiopia

L. Bittner¹, Cindy De Jonge², Graciela Gil-Romera^{3,4}, Henry F. Lamb^{5,6}, James M. Russell⁷,

Michael Zech¹

¹) Heisenberg Chair of Physical Geography with focus on paleoenvironmental research, Institute of Geography, Technische Universität Dresden, Dresden, Germany

²) Geological Institute, Department of Earth Sciences, ETH Swiss Federal Institute of Technology, 8092 Zurich, Switzerland

³) Plant Ecology and Geobotany dept., Philipps-Marburg University, Marburg, Germany.

⁴) Department of Geo-environmental Processes and Global Change, Pyrenean Institute of Ecology, CSIC, Zaragoza, Spain

⁵) Department of Geography and Earth Sciences, Aberystwyth University, Aberystwyth, UK.

⁶) Department of Botany, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin, Dublin 2, Ireland

⁷) Department of Geological Sciences, Brown University, USA

Correspondence to: Lucas Bittner (lucas.bittner@tu-dresden.de)

Supplementary Data-

Table S1: Bale Mountain lakes - Environmental data (Baxter et al., 2019)

Lake	Country	Latitude	Longitude	Elevation (m asl)	Depth (m)	MAT (°C)	T _{Mean} (°C)	pH _{Mean}
Central	ETH	6.854	39.881	4121	0.6	4.2	9.6	8
Crane	ETH	6.855	39.893	4047	0.3	4.6	10.7	9.4
Dimtu	ETH	6.830	39.859	4092	0.2	4.3	8.2	8.8
Garba Guracha	ETH	6.880	39.871	3917	5.6	5.4	12.1	7.6
Hara Laki	ETH	6.836	39.846	4099	0.4	4.3	9.0	8.7
Hara Lucas (L4)	ETH	6.858	39.884	4101	0.3	4.3	4.9	7.2
Haro Lakota 1	ETH	6.883	39.891	4031	0.4	4.7	11.5	7.1
Haro Lakota 2	ETH	6.884	39.892	4029	0.6	4.7	11.9	7.3
Koromi	ETH	6.893	39.908	3948	0.5	5.2	9.8	7.8
Kuware	ETH	6.840	39.869	4141	0.5	4.0	9.3	8
Togona	ETH	6.885	39.895	3998	0.5	4.9	10.0	7.3

Table S2: Bale Mountain lakes – Fractional abundance of brGDGT

Lake	branched Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraethers (brGDGT)														
	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc	IIa'	IIb'	IIc'	IIIa	IIIb	IIIc	IIIa'	IIIb'	IIIc'
Central	0.0911	0.0223	0.0036	0.1912	0.0548	0.0071	0.1921	0.0077	0.0004	0.2057	0.0063	0.0015	0.2148	0.0911	0.0223
Crane	0.1141	0.0750	0.0216	0.2535	0.1322	0.0221	0.0632	0.0095	0.0012	0.2270	0.0104	0.0025	0.0644	0.1141	0.0750
Dimtu	0.0940	0.0133	0.0020	0.1899	0.0200	0.0024	0.2083	0.0075	0.0003	0.2376	0.0023	0.0004	0.2209	0.0940	0.0133
Garba Gurach	0.0931	0.0198	0.0044	0.1480	0.0591	0.0046	0.1526	0.0359	0.0020	0.2202	0.0066	0.0007	0.2434	0.0931	0.0198
Hara Laki	0.1611	0.0279	0.0053	0.2735	0.0443	0.0091	0.1479	0.0067	0.0001	0.2124	0.0037	0.0013	0.1052	0.1611	0.0279
Hara Lucas (L4)	0.1049	0.0426	0.0138	0.2520	0.1247	0.0164	0.0718	0.0090	0.0005	0.2632	0.0113	0.0018	0.0865	0.1049	0.0426
Haro Lakota 1	0.1449	0.0222	0.0084	0.2139	0.0304	0.0057	0.2055	0.0066	0.0001	0.1761	0.0035	0.0008	0.1798	0.1449	0.0222
Haro Lakota 2	0.1271	0.0457	0.0114	0.2865	0.0979	0.0122	0.0693	0.0064	0.0004	0.2659	0.0077	0.0008	0.0675	0.1271	0.0457
Koromi	0.1235	0.0548	0.0169	0.2702	0.1121	0.0178	0.0666	0.0088	0.0008	0.2489	0.0081	0.0012	0.0686	0.1235	0.0548
Kuware	0.0737	0.0212	0.0037	0.0468	0.0362	0.0047	0.2021	0.0366	0.0012	0.0817	0.0070	0.0017	0.4743	0.0737	0.0212
Togona	0.1293	0.0336	0.0062	0.2875	0.0914	0.0089	0.0698	0.0072	0.0000	0.2864	0.0074	0.0007	0.0713	0.1293	0.0336

Table S3: Garba Guracha sediment core – Fractional abundance of brGDGT

Age (cal yrs BP)	branched Glycerol Dialkyl Glycerol Tetraethers (brGDGT)															BIT	CBT'
	Ia	Ib	Ic	IIa	IIb	IIc	IIa'	IIb'	IIc'	IIIa	IIIb	IIIc	IIIa'	IIIb'	IIIc'		
531	0.122	0.037	0.010	0.155	0.071	0.011	0.142	0.038	0.002	0.198	0.012	0.002	0.195	0.006	0.001	1.00	-0.08
931	0.120	0.032	0.009	0.178	0.077	0.010	0.147	0.027	0.001	0.171	0.012	0.002	0.206	0.007	0.001	0.99	-0.07
1442	0.120	0.028	0.008	0.178	0.070	0.009	0.141	0.029	0.001	0.199	0.010	0.002	0.197	0.007	0.001	0.99	-0.11
1588	0.144	0.033	0.007	0.175	0.063	0.009	0.171	0.031	0.001	0.175	0.008	0.002	0.173	0.005	0.001	0.99	-0.10
1850	0.137	0.029	0.007	0.190	0.059	0.007	0.139	0.019	0.001	0.196	0.007	0.002	0.202	0.003	0.001	0.99	-0.15
2136	0.136	0.027	0.007	0.165	0.054	0.007	0.166	0.037	0.003	0.155	0.008	0.001	0.223	0.008	0.001	0.99	-0.01
2550	0.126	0.032	0.011	0.153	0.051	0.008	0.187	0.047	0.004	0.142	0.007	0.001	0.222	0.008	0.001	0.99	0.06
2962	0.127	0.023	0.010	0.157	0.048	0.008	0.194	0.044	0.004	0.145	0.007	0.001	0.223	0.008	0.001	0.99	0.05
3251	0.144	0.026	0.011	0.177	0.046	0.008	0.177	0.035	0.002	0.134	0.008	0.001	0.222	0.008	0.001	0.99	-0.00
3508	0.135	0.026	0.011	0.188	0.055	0.010	0.166	0.034	0.002	0.141	0.008	0.001	0.215	0.008	0.001	0.99	-0.02
3887	0.156	0.028	0.011	0.206	0.051	0.011	0.160	0.025	0.001	0.129	0.008	0.001	0.207	0.006	0.001	1.00	-0.08
4259	0.166	0.026	0.010	0.178	0.039	0.021	0.181	0.027	0.009	0.131	0.006	0.001	0.197	0.005	0.001	1.00	-0.04
4540	0.161	0.029	0.009	0.212	0.072	0.009	0.134	0.029	0.002	0.194	0.010	0.002	0.131	0.005	0.001	1.00	-0.26
4702	0.167	0.031	0.009	0.226	0.078	0.009	0.124	0.032	0.003	0.209	0.011	0.002	0.094	0.006	0.000	1.00	-0.35
5167	0.189	0.026	0.005	0.240	0.078	0.006	0.118	0.023	0.000	0.203	0.013	0.001	0.093	0.005	0.000	1.00	-0.41
5761	0.199	0.035	0.008	0.238	0.086	0.010	0.121	0.019	0.001	0.193	0.012	0.002	0.074	0.005	0.001	1.00	-0.44
6449	0.171	0.029	0.025	0.201	0.069	0.011	0.105	0.019	0.001	0.247	0.011	0.002	0.098	0.010	0.001	1.00	-0.38
6875	0.193	0.033	0.009	0.248	0.084	0.011	0.092	0.014	0.001	0.225	0.014	0.002	0.071	0.003	0.001	1.00	-0.54
7267	0.209	0.035	0.009	0.207	0.082	0.012	0.130	0.025	0.001	0.205	0.009	0.002	0.068	0.005	0.001	1.00	-0.42
7680	0.177	0.043	0.018	0.223	0.103	0.018	0.086	0.021	0.001	0.202	0.015	0.002	0.085	0.005	0.001	1.00	-0.44
8107	0.179	0.038	0.017	0.265	0.082	0.015	0.080	0.021	0.002	0.205	0.014	0.002	0.075	0.005	0.001	1.00	-0.51
8407	0.194	0.039	0.013	0.254	0.076	0.014	0.098	0.019	0.002	0.199	0.010	0.002	0.072	0.006	0.001	1.00	-0.49
8791	0.178	0.035	0.014	0.240	0.073	0.012	0.118	0.034	0.004	0.180	0.009	0.002	0.089	0.011	0.001	1.00	-0.34
9225	0.157	0.050	0.024	0.235	0.117	0.022	0.074	0.016	0.002	0.208	0.015	0.003	0.073	0.005	0.001	1.00	-0.49
9512	0.163	0.052	0.024	0.229	0.117	0.023	0.088	0.021	0.001	0.199	0.013	0.002	0.061	0.006	0.001	1.00	-0.47
9757	0.138	0.052	0.026	0.205	0.122	0.024	0.083	0.022	0.002	0.245	0.011	0.003	0.063	0.004	0.001	1.00	-0.47
9923	0.156	0.052	0.027	0.206	0.128	0.026	0.100	0.019	0.001	0.191	0.017	0.003	0.068	0.005	0.001	1.00	-0.40
10060	0.138	0.041	0.022	0.194	0.106	0.019	0.092	0.036	0.005	0.256	0.010	0.002	0.072	0.006	0.001	0.99	-0.40
10212	0.130	0.041	0.017	0.224	0.096	0.015	0.086	0.013	0.001	0.280	0.013	0.002	0.078	0.005	0.001	1.00	-0.50
10457	0.107	0.034	0.015	0.180	0.071	0.010	0.122	0.025	0.003	0.293	0.011	0.003	0.120	0.006	0.001	0.99	-0.30
10693	0.114	0.025	0.011	0.183	0.058	0.009	0.108	0.009	0.000	0.307	0.012	0.003	0.156	0.003	0.000	0.98	-0.32
11186	0.103	0.027	0.013	0.172	0.057	0.011	0.100	0.012	0.001	0.324	0.010	0.004	0.155	0.009	0.001	0.88	-0.31
11678	0.112	0.029	0.014	0.174	0.060	0.013	0.106	0.011	0.000	0.281	0.013	0.005	0.172	0.009	0.000	0.88	-0.26
12078	0.098	0.026	0.013	0.160	0.055	0.011	0.104	0.012	0.001	0.302	0.011	0.005	0.193	0.009	0.001	0.86	-0.23
12229	0.103	0.028	0.014	0.181	0.054	0.011	0.107	0.015	0.000	0.289	0.011	0.005	0.172	0.008	0.001	0.88	-0.26

Table S4: Garba Guracha sediment core – Calibrations and temperature reconstruction

Age (cal yrs BP)	Calibrations			Temperature reconstruction °C		
	MBT' _{5ME}	MBT' _{5ME} + IIIa'	Ia/(Ia+IIa+IIIa+IIIa')	MAT= -1.8299 + 33.304 x MBT' _{5ME}	MAT= -1.4734 + 35.777 x MBT' _{5ME} + IIIa'	MAT= -0.773 + 35.646 x Ia/(Ia+IIa+IIIa+IIIa')
531	0.28	0.21	0.18	7.47	6.07	5.32
931	0.27	0.20	0.18	7.16	5.71	5.16
1442	0.26	0.19	0.17	6.69	5.45	4.99
1588	0.30	0.24	0.22	8.31	7.01	6.55
1850	0.28	0.21	0.19	7.42	6.04	5.58
2136	0.31	0.22	0.20	8.46	6.40	5.97
2550	0.32	0.23	0.20	8.93	6.64	5.82
2962	0.31	0.22	0.20	8.48	6.27	5.79
3251	0.33	0.24	0.21	9.19	6.94	6.41
3508	0.30	0.22	0.20	8.31	6.40	5.91
3887	0.33	0.24	0.22	9.12	7.24	6.79
4259	0.35	0.26	0.25	9.95	7.94	7.67
4540	0.29	0.24	0.23	7.86	7.26	7.08
4702	0.28	0.25	0.24	7.65	7.55	7.41
5167	0.29	0.26	0.26	7.98	7.90	8.14
5761	0.31	0.29	0.28	8.66	8.81	8.95
6449	0.30	0.26	0.24	8.13	7.99	7.34
6875	0.29	0.27	0.26	7.91	8.14	8.19
7267	0.33	0.31	0.30	9.29	9.49	9.72
7680	0.30	0.27	0.26	8.26	8.31	8.05
8107	0.29	0.27	0.25	7.89	8.07	7.66
8407	0.31	0.29	0.27	8.58	8.78	8.47
8791	0.31	0.28	0.26	8.48	8.40	8.08
9225	0.28	0.26	0.23	7.62	7.84	7.16
9512	0.30	0.28	0.25	8.04	8.39	7.74
9757	0.27	0.25	0.21	7.00	7.33	6.38
9923	0.30	0.28	0.25	8.15	8.39	7.80
10060	0.26	0.24	0.21	6.79	7.00	6.28
10212	0.23	0.21	0.18	5.96	6.15	5.33
10457	0.22	0.19	0.15	5.46	5.23	4.26
10693	0.21	0.17	0.15	5.25	4.76	4.15
11186	0.20	0.17	0.14	4.91	4.46	3.67
11678	0.23	0.18	0.15	5.72	5.00	4.20
12078	0.21	0.16	0.13	5.02	4.23	3.45
12229	0.21	0.17	0.14	5.31	4.65	3.74

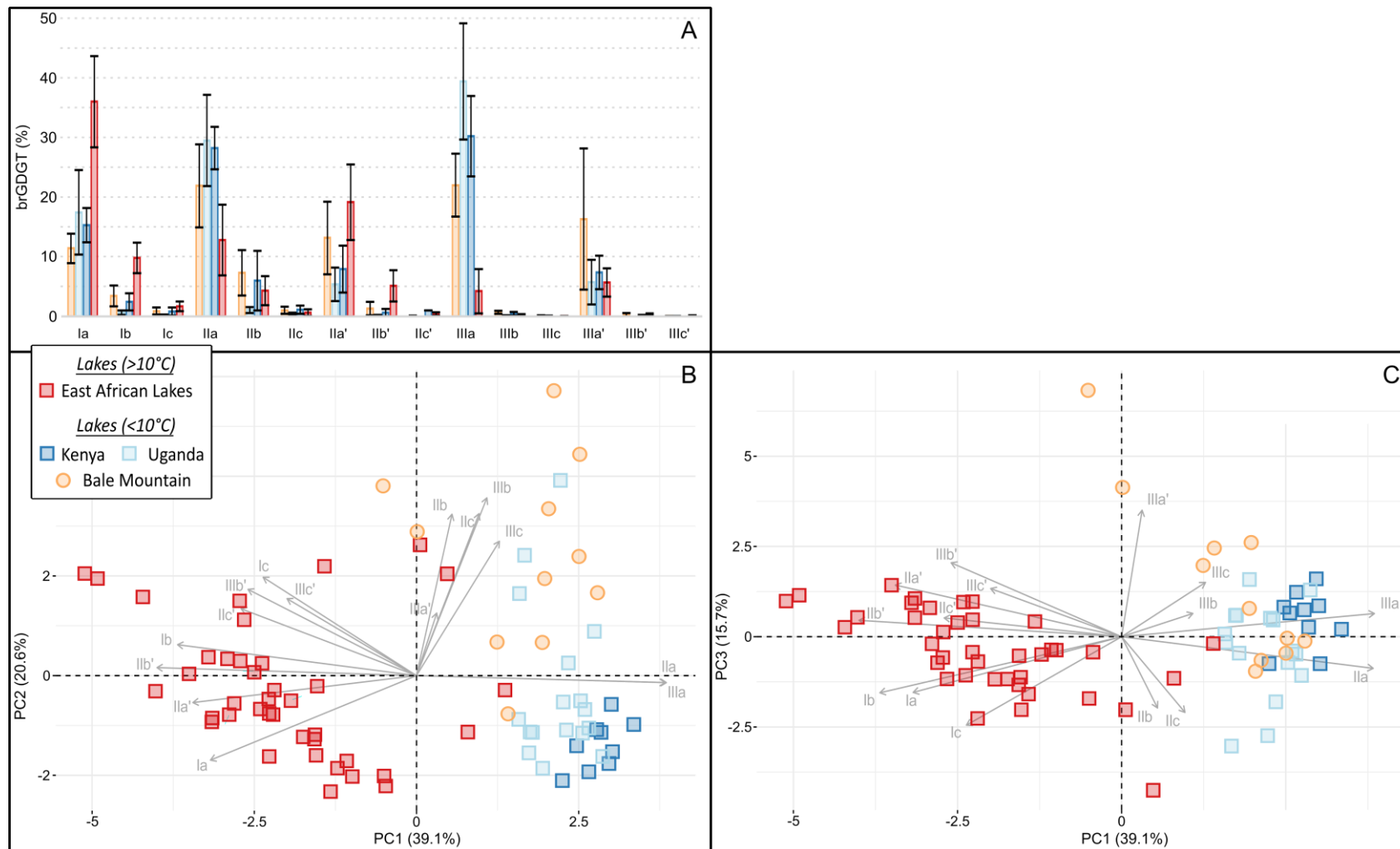


Figure S1: A) Barplot of average brGDGT percentages in East African lake surface sediments (Baxter et al., 2019; Russell et al., 2018), with standard deviation plotted as error flags and PCA of brGDGTs of Eastern African lakes - B) PC1 vs PC2 and C) PC1 vs PC3 - lakes >10°C (purple) and lakes <10°C (red and green); Bale Mountain lakes (Baxter et al., 2019) (turquoise).

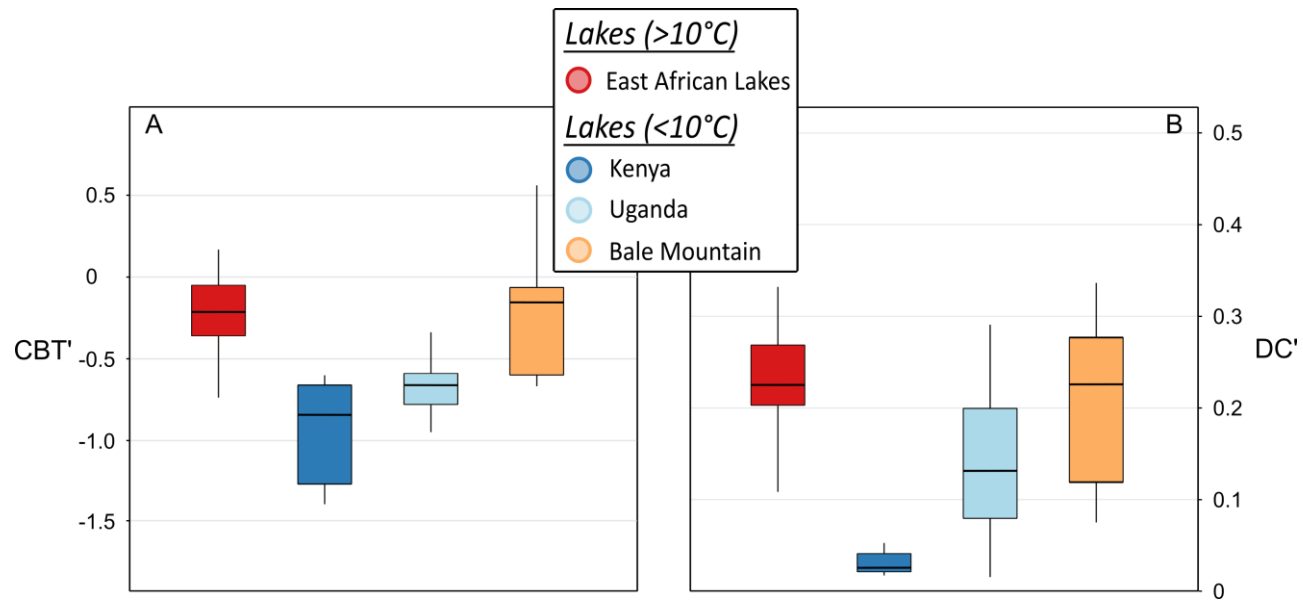


Figure S2: A) Boxplot of CBT' in East African lake surface sediments (Baxter et al., 2019; Russell et al., 2018); B) Boxplot of the degree of cyclization (DC') in East African lake surface sediments - lakes >10°C (purple) and lakes <10°C (red and green); Bale Mountain lakes (Baxter et al., 2019) (turquoise).